



**ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN  
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL BAJA ST-41  
PADA PROSES *HEAT TREATMENT***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi  
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

**RIFQI MAULANI**

**NPM. 6417500011**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL  
2021**

## LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin  
Terhadap Sifat Mekanik Material Baja ST-41  
Pada Proses *Heat Treatment*

Nama Penulis : Rifqi Maulani

NPM : 6417500011

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan siding  
dewan penguji skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

Pada Hari :

Tanggal :

Pembimbing I



**(Dr. AGUS WIBOWO, ST,MT)**

NIPY. 126518101972

Pembimbing II



**(Drs. DRAJAT SAMYONO, MT)**

NIPY. 20962771957

## HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik  
Universitas Pancasakti Tegal

Pada Hari :

Tanggal :

Penguji I

**( Dr. Agus Wibowo, ST, MT )**

NIPY. 126518101972

Penguji II

**( Hadi Wibowo, ST, MT )**

NIPY. 20651641971

Penguji III

**( Ir. Hj. Zulfah, MM )**

NIPY. 68531051964

Disahkan

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Pancasakti Tegal



**( Dr. AGUS WIBOWO, ST, MT )**

NIPY. 126518101972

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL BAJA ST-41 PADA PROSES *HEAT TREATMENT***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak akan melakukan plagiasi atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam etika keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dijadikan sebagai pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung segala resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim atas karya tulis ini.

Tegal, 2021

Yang membuat pernyataan



**RIFQI MAULANI**

NPM. 6417500011



## **MOTTO**

“Jadilah pekerja keras dan sadar bahwa anda bukanlah penikmat harta orangtua”  
“Tujuan masuk kuliah bukan hanya untuk mencari pekerjaan, tetapi kuliah adalah  
untuk menimba ilmu dan mengurangi kebodohan”  
“Terus maju dan menuju ke sisi yang lebih berarti”

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

- ❖ Kedua orangtua saya, Ayahku H. Farikhin dan Ibu Hj. Siti Masitoh yang selalu memberikan semangat dan motivasi baik secara material maupun spiritual, terimakasih atas kasih sayang serta cinta berbalut doa yang engkau berikan, terimakasih atas keringat yang telah engkau keluarkan. Ketika dunia menutup pintunya kapada saya, merekalah yang membuka lenganya untuk saya. Ketika orang-orang menutup telinga kepada saya, merekalah yang mendengarkan dan membuka hati untuk saya. Terimakasih karena selalu ada untukku.
- ❖ Untuk kakak-kakakku Faqih Fathurrozak, ST.,MT dan istrinya Yani Rahmawati, S.Pd yang sudah memberi motivasi dan dukungan dalam pengerjaan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
- ❖ Untuk kekasihku Lia Oktafiyani Karaswati, S. Sos yang telah menemaniku dan mendengarkan keluh kesah dalam proses pengerjaan skripsi ini.
- ❖ Untuk keluarga besarku tercinta terimakasih atas doa dan motivasinya ☺.

## PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin. Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, taufik dan hidayah, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL BAJA ST-41 PADA PROSES *HEAT TREATMENT*”**. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi strata Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST. MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal dan juga selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan kepada penulis hingga terselesainya Skripsi ini
2. Bapak Drs. Drajat Samyono, MT selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ide, bimbingan, arahan dan masukan kepada penulis untuk menyusun hingga terselesainya Skripsi ini.
3. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal
4. Bapak, Ibu, Kakak dan juga tunaganku yang selalu menjadi pemicu semangat penulis dalam menempuh belajar di bangku perkuliahan.
5. Teman-teman seperjuangan Fakultas Teknik.
6. Semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai yang tidak bisa disebutkan satu persatu, semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Dalam penulisan skripsi ini penulis telah mencoba membuat laporan sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun dari

semua pihak sangat penulis harapkan. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Tegal, 2021

Penulis

Rifqi Maulani

## ABSTRAK

Rifqi Maulani, 2021 ” **ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL BAJA ST-41 PADA PROSES *HEAT TREATMENT***” Laporan Skripsi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal 2021.

Perlakuan Panas adalah proses yang melibatkan pemanasan benda uji ke suhu tertentu dalam tungku pemanas untuk memodifikasi struktur logam. Perkakas tangan adalah perkakas kerja yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan tangan (tenaga manusia) daripada dengan mesin (seperti perkakas listrik), listrik, tenaga angin, atau tenaga minyak, dan dapat dengan mudah dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana perbedaan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 mempengaruhi kekuatan tarik, dampak, dan kekerasan baja ST-41 pada aplikasi *hand tool* tap dan snei di suhu pengerasan 300 °C. Pendekatan penelitian eksperimental menggunakan baja ST 41 digunakan dalam penelitian ini. Baja dikeraskan pada suhu 900°C, kemudian didinginkan menggunakan media pendingin air tawar, air laut, dan oliSAE 40 sebelum ditempa pada suhu 300°C untuk kekuatan tarik, dampak, kekerasan dan keausan baja ST-41. Ini menggunakan media pendingin air laut dengan kekuatan tarik 625,55 N/mm<sup>2</sup> untuk pengujian tarik, yang memiliki nilai kekuatan tarik terbesar. Dengan nilai dampak 1,437 J/mm<sup>2</sup>, uji dampak dengan nilai dampak terbesar menggunakan media pendingin oli SAE 40. Menggunakan media pendingin air laut dengan nilai kekerasan 312,52 HB, pengujian kekerasan terkeras memiliki nilai kekerasan terbesar. Ini menggunakan media pendingin air laut dengan nilai 0,00041 mm<sup>3</sup>/Kg untuk uji keausan dengan nilai keausan terbesar.

**Kata Kunci :** Baja ST 41, *heat treatment*, *quenching*, uji tarik, uji *impact*, uji kekerasan, uji keausan.

## **ABSTRACT**

Rifqi Maulani, 2021 **"ANALYSIS OF THE EFFECT OF COOLING MEDIA VARIATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF ST-41 STEEL IN THE HEAT TREATMENT PROCESS"** Thesis Report on Mechanical Engineering, Universitas Pancasakti Tegal 2021.

Heat Treatment is a process that involves heating the test object to a certain temperature in a heating furnace to modify the metal structure. Hand tools are work tools that are used to complete work by hand (human power) rather than by machines (such as power tools), electricity, wind power, or oil power, and can be easily moved from one location to another. The purpose of this study was to see how the differences in the cooling medium of fresh water, seawater, and oil SAE 40 affect the tensile strength, impact, and hardness of ST-41 steel on hand tool tap and snei applications at a hardening temperature of 300 °C. An experimental research approach using ST 41 steel was used in this study. Steel is hardened at 900°C, then cooled using fresh water, seawater, and oil SAE 40 cooling media before being forged at 300°C for tensile strength, impact, hardness and wear of ST-41 steel. It uses seawater cooling medium with a tensile strength of 625.55 N/mm<sup>2</sup> for tensile testing, which has the largest tensile strength value. With an impact value of 1.437 J/mm<sup>2</sup>, the impact test with the largest impact value used SAE 40 oil cooling medium. Using seawater cooling medium with a hardness value of 312.52 HB, the hardest hardness test had the largest hardness value. It uses seawater cooling medium with a value of 0.00041 mm<sup>3</sup>/Kg for the wear test with the largest wear value.

**Keywords:** ST 41 steel, heat treatment, quenching, tensile test, impact test, hardness test, wear test.

## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO &amp; PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>LAMBANG DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	3
C. Rumusan Masalah .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. Landasan Teori .....	6
B. Tinjauan Pustaka .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
A. Metode Penelitian .....	30
B. Waktu Penelitian .....	30
C. Variabel Penelitian .....	31
D. Metode Pengumpulan Data .....	32

E. Metode Analisa Data .....	33
F. Instrumen Penelitian .....	36
G. Diagram Alir Penelitian .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
A. Hasil Penelitian .....	40
B. Pembahasan .....	52
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Diagram Keseimbangan Logam Ferrous (fe-Fe <sub>3</sub> C) .....	9
Gambar 2.2 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> .....	12
Gambar 2.3 Tangkai Tap .....	14
Gambar 2.4 Skema Pengujian Tarik .....	16
Gambar 2.5 Ilustrasi pengujian <i>Impact</i> .....	18
Gambar 2.6 Ilustrasi metode uji <i>impact charpy</i> (atas) dan <i>izod</i> (bawah) .....	19
Gambar 2.7 Takikan <i>Charpy</i> Jenis V, keyhole, dan U .....	20
Gambar 2.8 Teknik Uji Keras .....	21
Gambar 2.9 Indentor Pengujian <i>Brinell</i> .....	22
Gambar 2.10 Pengujian keausan dengan metode ogoshi .....	23
Gambar 3.1 Desain Spesimen Uji Tarik JIZ Z 2241 .....	36
Gambar 3.2 Desain Spesimen Uji <i>Impact Charpy</i> JIZ 2242 .....	37
Gambar 3.3 Desain Spesimen Uji Kekerasan JIZ 2243 .....	37
Gambar 3.4 Desain Spesimen Uji Keausan .....	37
Gambar 3.5 Desain Rencana Alat Perkakas Tangan Snei .....	38
Gambar 3.6 Desain Rencana Alat Perkakas Tangan Tap .....	38
Gambar 3.7 Diagram Alur Penelitian .....	39
Gambar 4.1 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekuatan tarik .....	44
Gambar 4.2 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekuatan impak .....	46
Gambar 4.3 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekerasan .....	48
Gambar 4.4 Pengaruh Variasi pendingin terhadap keausan .....	51



## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1      Klasifikasi Baja Karbon .....	7
Tabel 2.2 <i>Holding Time</i> .....	11
Tabel 3.1      Rencana Jadwal Penelitian .....	31
Tabel 3.2      Rencana Hasil Pengujian Tarik .....	34
Tabel 3.3      Rencana Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	34
Tabel 3.4      Rencana Hasil Pengujian Kekerasan .....	35
Tabel 3.5      Rencana Hasil Pengujian Keausan .....	35
Tabel 4.1      Hasil Pengujian Komposisi Stang Tap .....	40
Tabel 4.2      Hasil Pengujian Komposisi Baja ST-41 ( <i>Raw Material</i> ) .....	41
Tabel 4.3      Hasil Pengujian Komposisi Baja ST-41 <i>Quenching</i> Air Laut ....	42
Tabel 4.4      Hasil Pengujian Tarik Spesimen Baja ST 41 .....	43
Tabel 4.5      Hasil Pengujian Impak Spesimen Baja ST 41 .....	45
Tabel 4.6      Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen Baja ST 41 .....	47
Tabel 4.7      Hasil Pengujian Keausan Spesimen Baja ST 41 .....	50

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Perhitungan Pengujian Tarik
Lampiran 2	Perhitungan Pengujian Impak
Lampiran 3	Perhitungan Pengujian Kekerasan Brinell
Lampiran 4	Perhitungan Pengujian Keausan
Lampiran 5	Foto Kegiatan
Lampiran 6	Sertifikat Pengujian Spesimen

## LAMBANG DAN SINGKATAN

Fe	= Besi
C	= Karbon
S	= Sulfur
P	= Fosfor
Si	= Silicon
Mn	= Mangan
$\sigma$	= Tegangan Tarik Maksimum ( $\text{N/mm}^2$ )
$P_{\max}$	= Beban Maksimum (N)
$A_0$	= Luas penampang awal ( $\text{mm}^2$ )
$\varepsilon$	= Regangan (%)
$D_0$	= Diameter awal (mm)
$L_i$	= Panjang sesudah patah (mm)
$L_0$	= Panjang awal (mm)
G	= Berat Pendulum (N)
R	= Panjang Pendulum (m)
$\beta$	= Sudut Akhir Setelah Pengujian ( $^\circ$ )
$\alpha$	= Sudut Awal Sebelum Pengujian ( $^\circ$ )
E	= Energi yang diserap untuk mematahkan spesimen (J)
A	= Luas penampang spesimen (mm)
HI	= Harga Impak Persatuan Luas ( $\text{J/mm}^2$ )
HB	= Hardness Brinell
F	= Beban penekanan (N)
D	= Diameter Indentor (mm)
d	= Diameter Jejak

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Baja karbon adalah logam umum yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan perkakas, industri, pertanian, komponen mobil, dan kebutuhan pribadi. Jika dibandingkan dengan material lain, grade baja dibedakan oleh atribut mekanis yang diatur oleh preparasi itu sendiri, yang mana baja ini memiliki perpaduan yang adil antara kualitas mekanik seperti kekerasan, fleksibilitas, dan ketangguhan yang luar biasa. Karena pemanfaatannya, konstruksi logam akan dipengaruhi oleh kekuatan luar sebagai tegangan dan gesekan, sehingga menyebabkan cacat atau perubahan bentuk. Meskipun demikian, seiring dengan peningkatan inovasi yang ada, terdapat pendekatan untuk memperoleh sifat mekanis dari suatu material yang ideal, lebih spesifik dengan memanfaatkan proses *heat treatment* (Mersilia, Karo, & Supriyatna 2016).

Perlakuan Panas adalah proses yang melibatkan pemanasan benda uji ke suhu tertentu dalam tungku pemanas untuk memodifikasi struktur logam. Pemanasan selesai pada suhu rekristalisasi yang dimiliki masing-masing logam. Selanjutnya, benda uji didinginkan di salah satu dari banyak media pendingin, termasuk udara, air, air laut, oli SAE 40, dan solar, masing-masing dengan ketebalan pendinginan yang berbeda. Sifat mekanis suatu logam yang menjadi dasar pengaturan penyusunnya juga dimasukkan ke dalam struktur mikro logam. Ketika struktur mikro logam atau paduan diubah, karakteristik mekanis logam atau paduan akan berubah (M. Fajar Sidiq dkk, 2016).

Salah satu jenis pendinginan ialah proses *quenching*. Setelah dipanaskan (*heat treatment*), baja karbon direndam dalam media cair hingga mencapai temperatur austenitik, kemudian didinginkan dengan cepat untuk menghasilkan struktur martensit yang lebih keras dari perlit. *Quenching* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses peleburan logam, seperti besi atau ferit.

Air, gas, dan oli SAE 40 adalah pendingin yang paling umum digunakan dalam pendinginan. Akibatnya, peneliti memilih menggunakan air tawar, air laut, dan oli SAE 40 sebagai metode pendinginan perlakuan panas (Yunus 2019).

Produk yang dihasilkan perlu dilakukan pemanasan ulang atau *tempering*. *Tempering* adalah proses memanaskan kembali baja dibawah temperatur *hardening*. Tujuannya untuk meningkatkan keuletan dan memperoleh kombinasi antara kekuatan induktilitas serta ketangguhan yang tinggi (Indra Kurniawan,dkk 2019).

Perkakas tangan adalah perkakas kerja yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan tangan (tenaga manusia) daripada dengan mesin (seperti perkakas listrik), listrik, tenaga angin, atau tenaga minyak, dan dapat dengan mudah dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Perkakas tangan umumnya kurang berisiko jika dibandingkan dengan perkakas listrik. (Devit Rivandi,dkk 2013).

Perkakakas tangan Tap merupakan alat untuk membuat ulir. Tap adalah peralatan yang digunakan untuk membuat ulir pada suatu benda kerja (mur). Tap berupa batang yang memiliki gigi seperti ulir. Biasanya tap dipasang pada tangkai tap atau mesin pengetap. Sedangkan Snei adalah alat untuk membuat ulir luar (baut), bentuk snei umumnya bulat dengan lubang dibagian tengah (seperti mur) yang di desain untuk memotong dan membuat ulir (devit rivandi,dkk 2013).

Berdasarkan observasi yang dilakukan peneliti dilapangan, khususnya di laboratorium fakultas teknik universitas pancasakti tegal terdapat alat perkakas tangan yang berupa snai dan tap. Alat tersebut mudah mengalami keausan sehingga peneliti tertarik untuk mengambil produk tersebut dengan baja ST-41. Karena baja ST-41 adalah baja karbon rendah dengan campuran kualitas mekanik yang sangat baik seperti kekerasan, keuletan, dan ketangguhan. Roda gigi, rantai, skrup, poros, dan elemen mesin lainnya sering kali terbuat dari baja karbon rendah (Nofri & Acang, 2017).

Sehingga dari latar belakang maka saya menguji judul penelitian : Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Material Baja St-41 Pada Proses *Heat Treatment*.

## B. Batasan Masalah

Pembatasan masalah merupakan bagian penting dari penelitian karena memastikan bahwa masalah yang diselidiki tidak terlalu luas atau bahkan menyimpang dari tujuan penelitian. Berikut ini adalah beberapa keterbatasan masalah penelitian ini:

1. Baja ST-41 adalah baja karbon rendah yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Produk yang dituju pada penelitian ini adalah alat perkakas tangan tap dan snei.
3. Suhu yang digunakan dalam proses heat treatment adalah 900° C.
4. Air tawar, air laut, dan oli SAE 40 digunakan sebagai media pendingin.
5. Suhu yang digunakan dalam proses tempering adalah 300° C.
6. Pengujian kualitas dan kekuatan mekanik material, yang meliputi pengujian komposisi, pengujian tarik, pengujian impak, pengujian kekerasan, dan pengujian keausan.

## C. Rumusan Masalah

Berikut ini adalah isu-isu utama yang akan diungkapkan dalam penelitian ini, berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan:

1. Apa pengaruh memvariasikan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 terhadap kekuatan tarik baja ST-41 dalam aplikasi perkakas tangan tap dan snei pada suhu temper 300° C ?
2. Apa pengaruh memvariasikan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 terhadap kekuatan *impact* baja ST-41 dalam aplikasi perkakas tangan tap dan snei pada suhu temper 300° C ?
3. Apa pengaruh memvariasikan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 terhadap kekuatan kekerasan baja ST-41 dalam aplikasi perkakas tangan tap dan snei pada suhu temper 300° C ?
4. Apa pengaruh memvariasikan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 terhadap kekuatan keausan baja ST-41 dalam aplikasi perkakas tangan tap dan snei pada suhu temper 300° C ?

#### D. Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan yang akan dicapai sebagai hasil dari penelitian ini:

1. Untuk melihat bagaimana perbedaan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 mempengaruhi kuat tarik baja ST-41 pada aplikasi *hand tool* tap dan snei pada temperatur *tempering* 300 °C.
2. Untuk melihat bagaimana perbedaan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 mempengaruhi kuat *impact* baja ST-41 pada aplikasi *hand tool* tap dan snei pada temperatur *tempering* 300 °C.
3. Untuk melihat bagaimana perbedaan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 mempengaruhi kuat kekerasan baja ST-41 pada aplikasi *hand tool* tap dan snei pada temperatur *tempering* 300 °C.
4. Untuk melihat bagaimana perbedaan media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 mempengaruhi kuat keausan baja ST-41 pada aplikasi *hand tool* tap dan snei pada temperatur *tempering* 300 °C.

#### E. Manfaat Penelitian

Keuntungan-keuntungan berikut diharapkan sebagai hasil dari penelitian ini:

1. Membantu kemajuan ilmu material teknik.
2. Hasil penelitian dapat digunakan untuk pengetahuan material lebih lanjut, perlakuan panas, dan penelitian pengujian material.
3. Hasil penelitian dimaksudkan untuk berkontribusi dan memberikan referensi tentang bahan dan kualitas tap and snei

#### F. Sistematika Penelitian

Sistematika Penulisan skripsi ini terdiri dari:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

##### **BAB II : LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi sejumlah landasan teori yang digunakan sebagai referensi dan analisis masalah, serta topik penelitian berikut ini : Pengertian Baja, Sifat Baja, Jenis Baja, Perlakuan panas (*heat treatment*),

Jenis *heat treatment*, *Holding Time*, *Quenching*, Media Pendingin, Alat perkakas tangan tap dan snai serta pengujian logam.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisi tentang metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, variable penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis data.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil data-data yang diperlukan, seperti komposisi kimia baja, kuat tarik baja, kekuatan impak baja, kekerasan baja, dan keausan baja untuk mencapai perubahan kekuatan dengan memanfaatkan air tawar, air laut, dan oli SAE 40, adalah terdapat pada bagian Hasil dan Pembahasan.

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini menawarkan temuan dan rekomendasi, yang merupakan tujuan penelitian, serta rekomendasi untuk studi masa depan setelah kesimpulan dari analisis dan pembahasan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Pengertian Baja (*Steel*)**

Baja adalah logam yang paling umum. Baja karbon adalah suatu bentuk baja paduan yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C), dengan besi (Fe) sebagai elemen dasar dan karbon (C) sebagai elemen paduan utama (Arifin dkk, 2017). Baja juga mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) dengan jumlah terbatas. Baja karbon mengandung karbon antara 0,2 -2,14 % dan kandungan pada besi sekitar 97%, kapasitas kandungan karbon sebagai penguat pada struktur baja (Nofri & Acang, 2017). Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja karbon diurutkan menjadi 3 tingkatan, yaitu:

##### **a) Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)**

Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas karena mengandung karbon rendah kurang dari 0,3% (Arifin dkk, 2017). Baja ini sangat luas penggunaannya sebagai baja konstruksi umum, baja tulang beton, untuk baja profil rangka bangunan dapat dijadikan mur, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder dan penggunaan yang hampir sama. Baja ini kekuatannya relative lunak dan rendah, tetapi memiliki ketangguhan dan keuletannya tinggi (Zulkarnain, 2016), sebagaimana ditunjukkan oleh (Afandi dkk, 2015) dalam jurnalnya bahwa baja karbon rendah ini memiliki sifat mudah ditempa, di mesin, dan di las.

##### **b) Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)**

Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*) memiliki kandungan karbon 0,3-0,6% memungkinkannya untuk dikeraskan sebagian melalui perlakuan panas (Arifin dkk, 2017). Baja ini digunakan untuk kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi dan sebagai baja konstruksi mesin,

poros, roda gigi, rantai dan lain-lain (Zulkarnain, 2016), sebagaimana ditunjukkan oleh (Afandi dkk, 2015) dalam jurnalnya baja karbon sedang mempunyai sifat yang sulit diubah, di las, dan dipotong.

**c) Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)**

Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung karbon 0,6-1,5% dibuat dengan cara digiling panas. (Arifin dkk, 2017). Mesin pemotong, pisau, mata gergaji besi, pegas, dan kawat baja berkekuatan tinggi semuanya terbuat dari baja karbon tinggi. Baja karbon terberat untuk dibuat, ditempa, dilas, dan dipotong, dengan tingkat keuletan, kekerasan ekstrem, dan ketahanan aus yang tinggi (Afandi dkk, 2015).

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon (Arifin dkk, 2017).

No	Jenis Baja Karbon	Komposisi Carbon
1	Baja Karbon Rendah	$\leq 0,3 \%C$
2	Baja Karbon Sedang	$0,3 - 0,6 \%C$
3	Baja Karbon Tinggi	$\geq 0,6 \%C$

## **2. Sifat Baja**

Menurut (Zulkarnain, 2016) Logam yang digunakan dalam pemanfaatan bahan akan dikenakan gaya eksternal atau diferensial. Setiap logam memiliki ketahanan yang berbeda terhadap pembebanan, yang diatur oleh sifat logam. Kualitas logam ini dapat dikategorikan sebagai berikut:

**a) Sifat Mekanis**

Sifat mekanis mengacu pada kemampuan material untuk menerima dan menahan beban, termasuk beban statis dan dinamis. Cara karbon berikatan dengan fasa besi pada diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C berdampak pada sifat mekanik baja.

**b) Sifat Fisis**

Kapasitas logam untuk menahan peristiwa fisik ditentukan oleh kualitas fisiknya. seperti adanya pengaruh panas, listrik dan beban.

**c) Sifat kimia**

Karakteristik kimia mengacu pada kapasitas logam untuk menjalani reaksi kimia. Secara umum, sifat ini mengacu pada ketahanan logam terhadap karat (korosi).

**3. Jenis-Jenis Baja**

**a) Baja ST-41**

Baja ST-41 adalah salah satu dari baja karbon rendah, karena komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. (Nofri & Acang, 2017). ST memiliki makna baja (*steel*), sedangkan 41 memiliki makna kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. ST-41 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini mempunyai sifat keuletan yang tinggi, ketangguhan dan mudah dibentuk namun kekerasannya rendah (Dwi Setyawan, Fatkur Rhohman 2018).

**b) Baja AISI 1045**

Baja AISI 1045 adalah salah satu dari baja karbon sedang, karena unsur karbon yang ditunjukkan pada penamaan AISI yang memiliki arti *American Iron And Steel Institute* dengan kode 1045 dimana 10xx menyatakan karbon stell dan angka 45 menyatakan kadar karbon sebesar 0,45%. Baja ini memiliki karakter dengan kemampuan las mesin, memiliki kekuatan yang baik serta nilai keuletan dan kekerasannya juga baik (Periyanto, 2016).

**c) Baja AISI 1065**

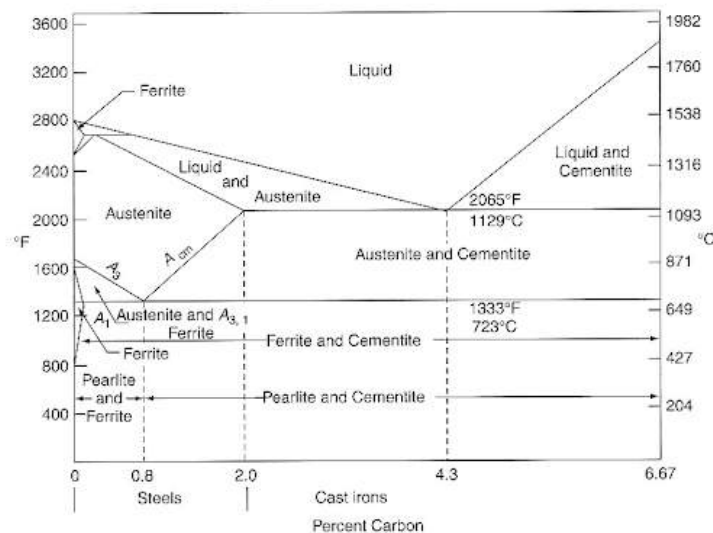
Baja AISI 1065 adalah salah satu dari baja karbon tinggi, karena unsur karbon yang ditunjukkan pada penamaan AISI dengan kode 1065 dimana 10xx menyatakan karbon stell dan angka 65 menyatakan kadar karbon sebesar 0,65%. Baja karbon tinggi mempunyai kekerasan yang tinggi namun keuletannya rendah (Abdulah, Solehudin & Nugraha, 2019).

**4. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)**

Menurut (M. Fajar Sidiq dkk,2016), Proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah karakteristik fisiknya dikenal

sebagai perlakuan panas. Ketegangan internal dapat dihilangkan dengan perlakuan panas, butiran dapat diperluas atau menyusut, dan peningkatan ketangguhan dapat menghasilkan permukaan yang keras di sekitar inti yang ulet. Proses perlakuan panas dibagi menjadi tiga tahap:

1. Bergantung pada ukuran dan konduktivitas perpindahan panas benda kerja, panaskan benda kerja ke suhu tertentu menggunakan metode perlakuan panas pada kecepatan tertentu.
2. Tahan suhu selama jangka waktu tertentu untuk memastikan suhu tersebar merata di seluruh benda kerja
3. Pendinginan dengan berbagai media pendingin, tergantung pada metode perlakuan panas dan benda kerja. Air digunakan sebagai media pendingin pada baja karbon rendah dan menengah, dengan laju pendinginan yang cukup cepat untuk menghasilkan martensit. Sementara itu, oli digunakan sebagai media pendingin pada baja karbon tinggi dan baja paduan, dengan laju pendinginan yang lebih lambat.



Gambar 2.1 Diagram Keseimbangan Logam Ferrous (fe-Fe<sub>3</sub>C)

(Sabarudin dkk, 2018)

## 5. Jenis *Heat Treatment*

Terdapat beberapa jenis *heat treatment* yang bertujuan untuk menambah kekuatan dari baja. Jenis *heat treatment* yang umum digunakan yaitu sebagai berikut :

### a) Pengerasan (*Hardening*)

(Iswordo dkk, 2020) *Hardening* adalah teknik perlakuan panas untuk besi atau baja yang melibatkan pemanasan, penahanan, dan pendinginan pada interval waktu tertentu dan dengan media pendingin tertentu dengan tujuan meningkatkan kekerasan dan kekuatan yang melekat pada baja. Media pendingin bisa berupa air dan oli SAE 40.

### b) Pelunakan (*Annealing*)

(Setyadi & Syawal, 2015) *Annealing* merupakan suatu proses perlakuan panas terhadap besi atau baja dengan melunakan dan menaikkan kembali keuletan benda kerja, dengan cara memanaskan di atas suhu kritis sampai suhu merata dan didinginkan secara perlahan-lahan agar suhu diluar dan dalam diperkirakan mendekati sama. *Annealing* adalah prosedur perlakuan panas yang meningkatkan karakteristik mekanis baja dengan menghilangkan tegangan, meningkatkan kelembutan, keuletan, dan ketangguhan, dan menciptakan struktur mikro yang unik.

### c) *Normalizing*

(Willson F. Tambunan dkk, 2019) *Normalizing* adalah proses pemanasan baja hingga mencapai fasa *austenite*, kemudian didinginkan secara perlahan dalam media pendingin udara terbuka untuk mencapai struktur *mikro-austenite*. Tujuan dari *normalizing* adalah untuk menghilangkan tegangan sisa, meningkatkan karakteristik mekanik dari karbon struktural dan baja paduan rendah, dan mendapatkan kembali keuletan baja.

### d) *Tempering*

(Indra Kurniawan dkk, 2019) *Tempering* adalah proses memanaskan kembali logam yang telah mengeras dengan pendinginan pada suhu di bawah suhu kritisnya untuk jangka waktu tertentu. Tujuannya

adalah untuk meminimalkan tegangan internal, memodifikasi struktur logam, menurunkan kekerasan, dan meningkatkan keuletan sehingga logam uji memiliki campuran kekerasan dan keuletan yang benar.

*Tempering* dibagi menjadi 3 yaitu :

- 1) *Tempering* pada suhu rendah (150-300 °C). Tujuannya adalah untuk menurunkan kerapuhan baja dan tegangan kerutan. Mata bor dan alat pemotong adalah contoh instrumen kerja yang tidak mengalami banyak tekanan.
- 2) *Tempering* pada suhu sedang (antara 300 dan 500 °C). Idenya adalah untuk membuat material lebih ulet sambil menurunkan kekerasannya. Metode ini diterapkan pada alat kerja yang menerima beban besar, seperti palu, pahat, dan pegas.
- 3) *Tempering* pada suhu tinggi (500-650°C). Tujuannya adalah untuk mencapai keuletan tinggi sambil mempertahankan kekerasan rendah. Metode ini digunakan pada roda gigi, poros, dan batang penggerak, di antara aplikasi lainnya.

## 6. Holding Time

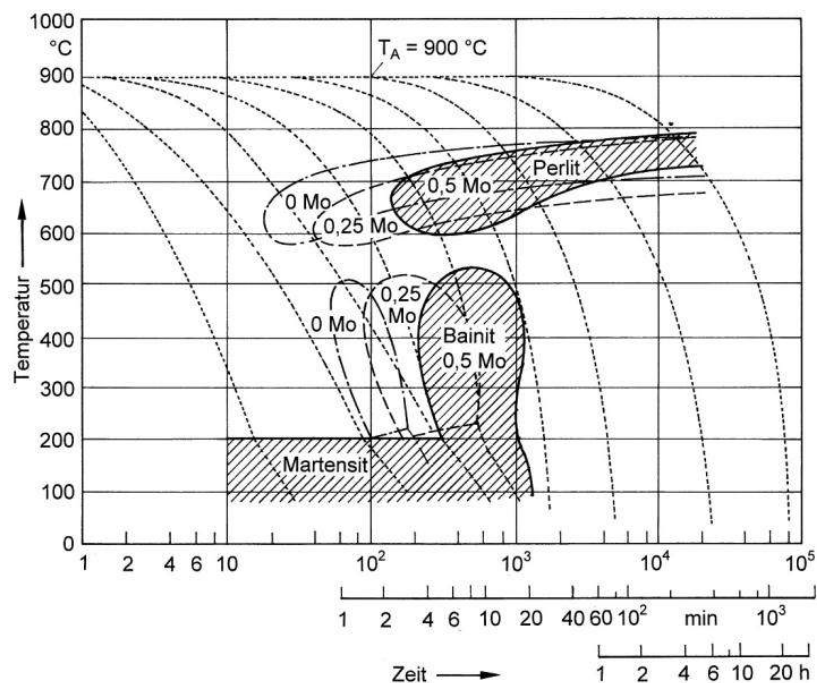
Waktu tahan (*holding time*) adalah Waktu penahanan dilakukan pada suhu kritis pada suhu austenisasi untuk memperoleh kekerasan maksimum suatu bahan atau sampai terjadi difusi unsur paduan dengan karbon (Isworo dkk, 2020). Tujuan dari *holding time* selama *tempering* adalah untuk menghasilkan mikrostruktur yang lebih homogen setelah proses *tempering*. Tabel-tabel berikut menunjukkan bagaimana menentukan waktu penahanan yang direkomendasikan dalam prosedur perlakuan panas.

Tabel 2.2 *Holding Time* (Isworo dkk, 2020)

<i>Steel Type</i>	<i>Holding Time</i>
<i>Low carbon steel</i>	<i>5 - 15 minutes</i>
<i>Medium alloy steel</i>	<i>15 – 25 minutes</i>
<i>Low alloy tool steel</i>	<i>10 – 30 minutes</i>
<i>High alloy tool steel</i>	<i>10 – 60 minutes</i>
<i>Hot work tool steel</i>	<i>15 – 30 minutes</i>

## 7. Quenching (Pendinginan Cepat)

Setelah baja diberi perlakuan panas sampai melebihi batas austenit, maka dilakukan prosedur pendinginan cepat untuk mencapai produksi struktur martensit. Diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT), yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur yang terbentuk setelah terjadi transformasi fasa, dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur yang terjadi setelah perlakuan panas. Diagram ini menggambarkan hubungan antara laju pendinginan dengan struktur yang akan terbentuk setelah terjadi transformasi fasa (Isworo dkk, 2020).



Gambar 2.2 Diagram *Continuous Cooling Transformation*  
(Isworo dkk, 2020)

## 8. Media Pendingin

Bahan-bahan berikut digunakan sebagai media pendingin :

### a) Air

Air atau H<sub>2</sub>O, adalah zat kimia yang memiliki rumus H<sub>2</sub>O. Dua atom hidrogen secara kovalen terikat pada satu atom oksigen dalam molekul air. Air adalah cairan yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Air

memiliki titik beku 0°C dan suhu didih 100°C. Pendinginan air menghasilkan struktur martensit dengan butiran yang lebih besar. Air memiliki kerapatan yang lebih rendah dari pada air laut, oleh karena itu ia mendingin pada tingkat yang lebih lambat (Ayu V & Sumiati, 2020).

**b) Air Laut**

Karena kemampuan pendinginannya yang konsisten dan cepat, air laut digunakan sebagai bahan pendingin. Kepadatannya lebih tinggi dari media pendingin konvensional, memungkinkan butiran kristal menyerap lebih banyak panas, membuat martensit menjadi keras dan rapuh, dan membutuhkan bahan untuk didinginkan dalam larutan laut untuk memperkuat ikatan karena permukaan benda kerja akan mengikat arang (Ayu V & Sumiati, 2020).

**c) Minyak**

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin perlakuan panas adalah minyak yang meninggalkan lapisan karbon pada permukaan benda kerja. Selanjutnya, bahan bakar minyak atau oli SAE 40 dapat dimanfaatkan. Viskositas oli SAE 40 dan bahan dasar berdampak pada prosedur pendinginan sampel. Minyak dan Oli SAE 40 memiliki titik didih 100°C. Jika dibandingkan dengan air dan air laut, oli SAE 40 mempunyai viskositas lebih rendah, karena massa jenisnya lebih kecil sehingga membuat pendinginannya lebih lambat, dapat menghasilkan struktur ferit dan pearlit bahkan lebih cepat dibandingkan solar (Ayu V & Sumiati, 2020).

**d) Udara**

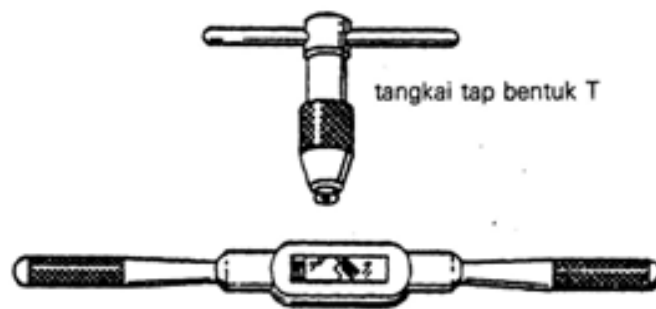
Untuk perlakuan panas, pendingin udara digunakan. Sirkulasi udara kecepatan rendah digunakan di ruang pendingin. Akibatnya, logam mengkristal dan mungkin mengikat elemen lain di udara (Ayu V & Sumiati, 2020).

## **9. Alat Perkakas Tangan Tap**

Perkakas Tangan Tap adalah alat *benchwork* untuk membuat ulir pada benda kerja (mur). Tap dalam bentuk batang dengan gigi seperti ulir. Tap



biasanya dipasang pada batang tap atau mesin pengetap (devit rivandi dkk, 2013). Mesin bor digunakan untuk melubangi item sebelum diulir. Diameter lubang ditentukan oleh diameter ulir yang akan digunakan. Baja perkakas adalah bahan yang paling umum digunakan untuk membuat Tap. Tap kemudian dikeraskan dan ditempa setelah diproduksi. Penguliran dilakukan dengan menggunakan tangkai pemutar tap. Tap tersedia dalam berbagai ukuran, dari kecil hingga besar.



Gambar 2.3 Tangkai Tap

Berikut ini adalah langkah-langkah membuat ulir menggunakan tap:

- a) Jepit benda kerja dengan benar dan aman pada ragum.
- b) Pasang kerucut tap ke batang tap.
- c) Buatlah mata kran tegak lurus dengan lubang (periksa menggunakan siku).
- d) Putar gagang tap ke kanan setelah menekan sampai masuk ke lubang.  
Putar tegak lurus sekitar  $90^0$ , lalu putar kembali ke kiri
- e) Memberikan pelumasan selama proses setting, dengan pengecualian penentuan material besi.
- f) Lanjutkan mengetap hingga selesai, lalu gunakan pengetapan perantara untuk mengulangi prosesnya.
- g) Setelah selesai, gunakan tap datar/finishing untuk mengulangi prosedur pengetapan.

## 10. Pengujian Logam

Untuk mengetahui pengaruh dari *tempering* dan *quenching* pada baja ST-41 perlu dilakukan beberapa pengujian fisik dan mekanik antara lain pengujian tarik, pengujian *impact* & pengujian kekerasan. Sedangkan untuk mengetahui senyawa yang terkandung di dalam baja ST-41 dilakukan uji komposisi.

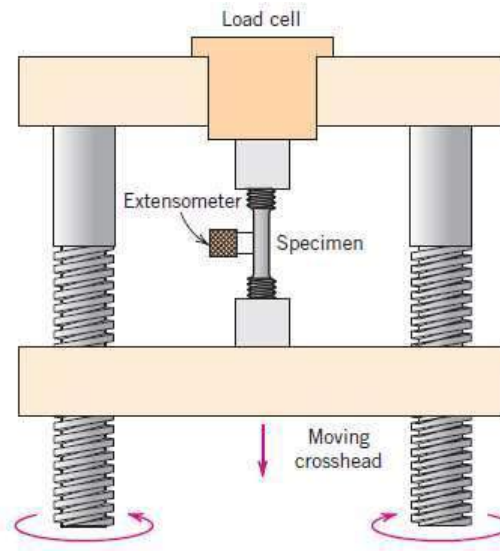
### a) Pengujian Komposisi

Uji komposisi digunakan untuk mengevaluasi berapa banyak kandungan kimia dari paduan yang ada dalam logam. *Spectrometer* digunakan untuk melakukan prosedur ini. Sebelum prosedur dimulai, sampel uji diampelas dan dipoles hingga permukaannya rata, sehingga prosedur pengujian dapat berjalan dengan lancar (Nofri & Acang, 2017).

### b) Pengujian Tarik

Menurut (Indra K dkk, 2019) Uji tarik adalah metode untuk menentukan kekuatan material dengan menerapkan beban gaya aksial. Tujuannya adalah untuk menentukan ketahanan material terhadap gaya statis yang lambat. Kurva uji tarik mengungkapkan nilai kekuatan dan elastisitas bahan uji. Bentuk material akan diubah oleh gaya tarik terhadap beban. Pergeseran butiran kristal logam menyebabkan gaya elektromagnetik masing-masing atom logam berkurang hingga gaya maksimal ditarik, melepaskannya dari sambungan.

Dalam pengujian tarik digunakan untuk menghitung kekuatan suatu logam dan paduannya. Sampel (benda kerja) ditarik secara konstan secara terus menerus dalam jangka waktu tertentu hingga sampel patah. Gaya yang bekerja pada sampel akan langsung tercatat di kertas dialut pada mesin uji.



Gambar 2.4 Skema Pengujian Tarik (Gilang., 2019)

Berikut ini adalah kualitas yang didapat dari pengujian tarik (Indra K dkk, 2019) :

1) Tegangan Tarik Maksimum ( $\sigma$ )

Tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan sebelum patah.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum (N)

$A_0$  = luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

2) Regangan Maksimum ( $\varepsilon$ )

Pertambahan panjang suatu material setelah patah dibandingkan dengan panjang awalnya dikenal sebagai regangan maksimum.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan :  $L_i$  = Panjang sesudah patah (mm)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

### 3) Modulus Elastisitas (E)

Pada grafik tegangan-regangan, ukuran kekakuan material. Kemiringan garis elastis linier dapat digunakan untuk menghitung modulus elastisitas.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan : E = Modulus elastisitas (GPa)

$\sigma$  = Tegangan Maksimum (N/m<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

### 4) Poisson Number (v)

$$v = \frac{-\Delta b/b_0}{\Delta l/l_0} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :  $\Delta b/b_0$  = regangan transversal (mm)

$\Delta l/l_0$  = regangan longitudinal (mm)

### 5) Tegangan Geser (G)

$$G = \frac{E}{2(1+v)} \dots\dots\dots (2.5)$$

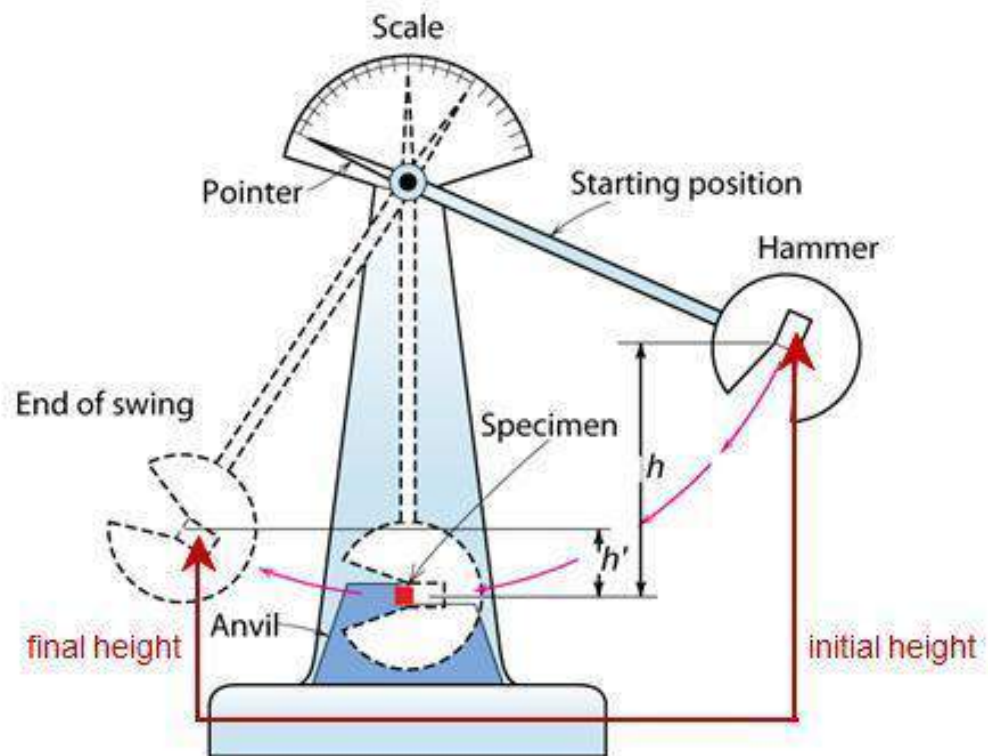
Keterangan : G = Modulus Geser (Mpa)

E = Modulus Elastisitas (Gpa)

V = Poisson Number

## c) Pengujian *Impact*

Pengujian impak umumnya diukur dari energi impak terserap yang diperlukan untuk menyebabkan patahan pada spesimen. Energi potensial dari kepala takikan diukur dengan dial kalibrasi yang mengukur energi yang terserap pada patahan spesimen. Parameter kuantitatif lainnya, seperti jenis patahan dan tingkat keuletan atau deformasi juga diukur. Uji impak diinstrumentasikan untuk mendapatkan data waktu selama patahan berlangsung. instrumentasi pengujian impak melibatkan penempatan sebuah *strain gage* pada *tup* (Gilang., 2019).



Gambar 2.5 Ilustrasi pengujian *Impact* (Gilang., 2019)

Berikut adalah rumus yang digunakan pada pengujian *Impact*:

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :  $E_1$  = Usaha yang dikerjakan ( $kg.m$ )

$P$  = Beban Palu ( $kg$ )

$D$  = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi ( $m$ )

$$E_2 = P (D - D \cos \theta) \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :  $E_2$  = Sisa usaha setelah mematahkan benda uji ( $kg.m$ )

$P$  = Berat palu ( $kg$ )

$D$  = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi ( $m$ )

$\theta$  = Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ( $^{\circ}$ )

Usaha yang diharuskan guna mematahkan spesimen uji dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$E = E_1 - E_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :  $E$  = Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda

uji ( $kg.m$ )

$E_1$  = Usaha yang dilakukan ( $kg.m$ )

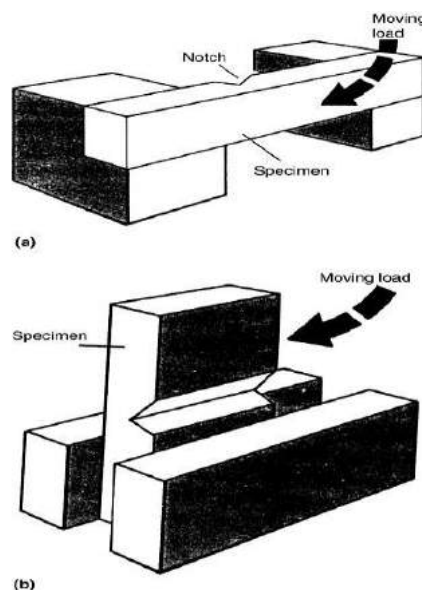
$E_2$  = Sisa usaha setelah pematahan benda uji ( $kg.m$ )

Ketahanan atau ketangguhan impact material ditentukan oleh jumlah energi yang diserapnya selama uji impact ini. Dalam uji impact, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam joule dan langsung dibaca pada skala kalibrasi (dial) alat uji. Teknik *Charpy* menentukan nilai dampak (HI) suatu zat dengan:

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :  $E$  = Energi yang diserap (J)

$A$  = Luas penampang dibawah tarikan ( $mm^2$ )



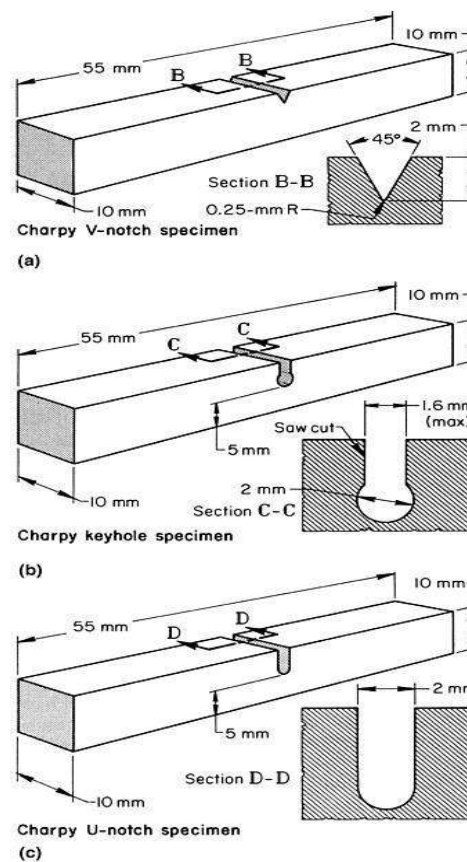
Gambar 2.6 Ilustrasi metode uji *impact charpy* (atas) dan *izod* (bawah)  
(Gilang., 2019)

Teknik uji impact *Charpy* b dan teknik uji impact *Izod* secara umum merupakan dua pengelompokan sampel standar untuk item uji impact.

Terdapat 3 (tiga) jenis takikan pada uji *Charpy* yaitu: (ASM 2000)

- 1) Takikan V disebut *Charpy V*
- 2) Takikan U disebut *Charpy U*

### 3) Takikan *Keyhole*



Gambar 2.7 Takikan *Charpy* Jenis V, keyhole, dan U (Gilang., 2019)

#### d) Pengujian Kekerasan

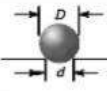

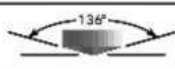



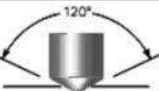



Ketahanan suatu material terhadap deformasi yang disebabkan oleh lekukan atau goresan permukaan diukur dengan kekerasannya. Bahan yang menghasilkan gesekan mengalami pengujian yang ketat. Indentasi atau penggoresan permukaan suatu zat adalah uji kekerasannya; semakin keras suatu zat, semakin sulit untuk membuat indentasi atau goresan (Hadi., 2016).

*Scleroscope hardness test*, yang merupakan tes keras berdasarkan pantulan palu (*hammer*) dengan ujung berlian bulat, adalah metode lain untuk menentukan kekerasan. Pada permukaan bahan yang diuji, palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Dengan penyetelan skala untuk logam, angka kekerasan sebanding dengan pantulan palu, memberikan nilai 100

pada baja perkakas yang benar-benar mengeras. Untuk oli SAE 40, bentuk uji keras yang dimodifikasi juga digunakan (Hadi., 2016).

Metode pengujian kekerasan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Metode *Rockwell*
- 2) Metode *Vickers*
- 3) Metode *Brinell*

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ <div>             Diamond cone              1/16, 1/8, 1/4 in. diameter              steel spheres           </div>	 	 	60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

Gambar 2.8 Teknik Uji Keras (Hadi., 2016)

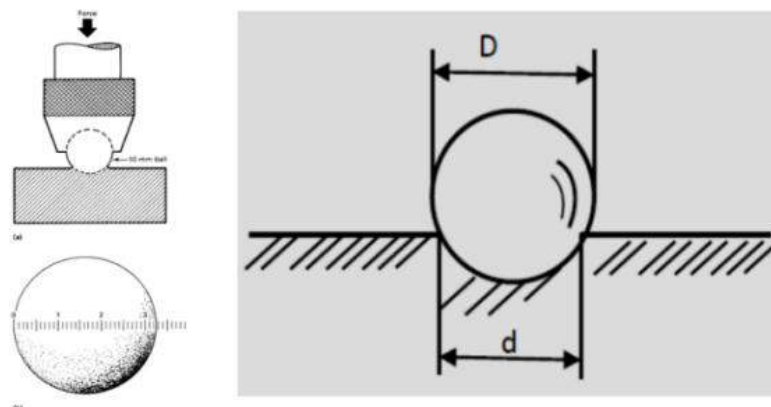
Pada pengujian kekerasan digunakan metode *Brinell*, dikarenakan pengujian ini biasanya dilakukan pada spesimen dengan beban penekanan antara 500 sampai 3000 kgf dengan waktu penekanan 10 sampai 30 detik. Nilai kekerasan *Brinell* (HB) dapat dihitung dengan rumus

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- HB = Harga kekerasan brinell
- d = Diameter bekas penekanan (mm)
- F = Beban penekanan (kgf)
- D = Diameter bola indentor (mm)
- d = Diameter jejak/lekukan (mm)





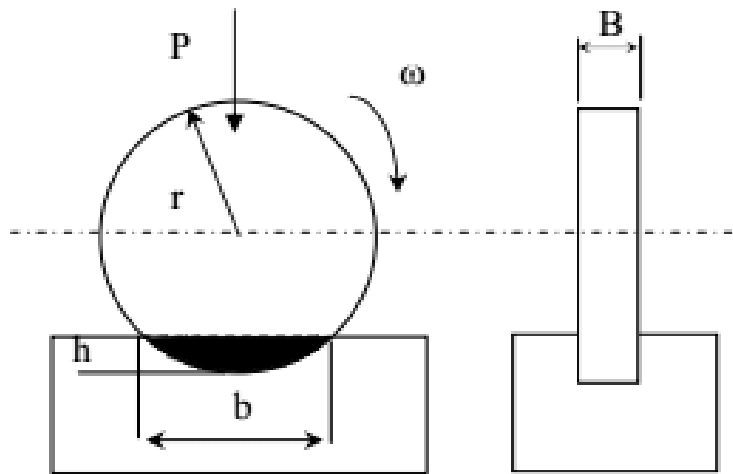
Gambar 2.9 Indentor Pengujian *Brinell* (Gilang., 2019)

#### e) Pengujian Keausan

Menurut pernyataan dari (Suhardiman & Syaputra, 2017), Penghapusan material dari satu permukaan sebagai akibat dari gerakan relatif antara permukaan itu dan permukaan lainnya disebut keausan. Gesekan dan pelumasan memainkan peran penting dalam proses keausan material. Keausan merupakan reaksi suatu bahan terhadap lingkungan (kontak permukaan).

Uji keausan dilakukan dengan menggunakan teknik *Ogoshi*, yang melibatkan penerapan gaya gesekan pada spesimen melalui cakram yang berputar. Pembebanan gesekan ini menghasilkan kontak berulang antara permukaan, yang menghilangkan bagian dari substansi spesimen.

Besar kecilnya jejak permukaan material gesekan akan mempengaruhi besarnya keausan pada material gesekan. Semakin besar dan semakin dalam jejak keausan karena semakin banyak material yang terkelupas dari benda uji. Kontak permukaan antara piringan yang berputar dan benda uji secara skematis digambarkan dalam diagram di bawah ini:



Gambar 2.10 Pengujian keausan dengan metode Ogoshi  
(Suhardiman & Syaputra, 2017)

Nilai keausan dapat dihitung dengan rumus

$$W = \frac{B.b^3}{12.r} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

W = volume material yang terabrasi

B = *tebal revolving disc* (mm)

r = jari-jari disc (mm)

b = lebar celah material yang terabrasi (mm)

## B. TINJAUAN PUSTAKA

Hal ini dimaksudkan agar dengan memasukkan penelitian sebelumnya, skripsi ini akan dapat mengisi kekosongan yang ditinggalkan oleh penelitian sebelumnya dan menawarkan gambaran kontras antara penelitian yang telah dilakukan dan penelitian yang akan dilakukan.

1. Dalam jurnal Agus Wibowo, (2008) yang berjudul “Peningkatan Kapasitas Pelepasan Logam Pembubutan Pada Pahat Yang Diperlukan Heat Treatment”. Jurnal ini membahas seberapa banyak mata pahat terbaik yang telah diberi perlakuan panas meningkatkan kapasitas rata-rata pembubutan logam jika dibandingkan dengan pahat biasa, serta teknik perlakuan panas dengan durasi pemanasan yang menghasilkan peningkatan terbesar dalam kapasitas pembubutan logam rata-rata. Pahat A5 mencapai penghilangan logam terbaik dengan jumlah penuh logam yang dapat terkelupas, menurut temuan penelitian, dan prosedur perlakuan panas yang menghasilkan peningkatan tertinggi rata-rata kapasitas pembubutan logam adalah statis, menurut temuan penyelidikan ini. *Flame hardening* menggunakan lama pemanasan 60 detik, perendaman selama 5 detik, dan lama perendaman 600 detik dalam air (Agus Wibowo, 2008).

Kesamaan, penelitian Agus Wibowo dengan peneliti adalah membahas mengenai heat treatment dan didalamnya menguji keausan pada suatu benda. Perbedaannya adalah penelitian yang dilakukan wibowo lebih fokus pada peningkatan kapasitas pelepasan logam pembubutan pada pahat, sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

2. Dalam skripsi Erwin Fadillah, (2020) yang berjudul “Analisa Mata Pisau Pencacah Limbah Organik Dengan Menggunakan Bahan Baja St 41”. Menggunakan baja ST 41, skripsi ini menyelidiki proses pisau untuk menghancurkan daun atau puing-puing biologis. Penelitian yang Erwin lakukan pada mata pisau dibuat lebih singkat, maka diperlukan proses pemanasan metode *hardening*. Pada suhu 875°C digunakan campuran 80 % serbuk arang tempurung kelapa dan 20 % serbuk arang tempurung laut dalam

proses *pack carburizing*, dengan perubahan media pendingin air pendingin, air laut, dan oli SAE 40. Nilai kekerasan terbesar sebesar 199,33 HB diperoleh dari temuan penelitian tersebut pada uji kekerasan media pendingin air laut. Hasil pengujian lengkung memiliki nilai terbesar pada media pendingin air laut yaitu 1112,69 N/mm<sup>2</sup>. Jumlah keausan terbesar pada media pendingin air laut adalah 0,00037 mm<sup>3</sup>/Kg, menurut temuan Uji Keausan (Fadillah., 2020).

Penggunaan baja ST 41 sebagai target penelitian merupakan kesamaan antara penelitian Erwin dan peneliti. Sedangkan perbedaannya adalah penelitian Erwin membahas mengenai mata pisau pencacah limbah organik, sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

3. Dalam jurnal Sumiati dan Fransisca Diah Ayu, (2020) yang berjudul “Desain Eksperimen Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Bahan St 41 Pada Proses *Heat Treatment*”. Baja ST 41 adalah baja karbon rendah dengan komposisi paduan 0,37-0,43% C, 0,5-0,35 % Si, dan 0,60-0,90 % Mn, menurut jurnal. Metode perlakuan panas *quench*, yang dapat mengubah sifat baja, dapat mengubah kualitas kekerasan baja ST 41. Operasi pemanasan (*Normalizing*) dilakukan selama satu jam pada suhu 723°C pada penelitian ini. Kemudian didinginkan dengan cepat (*Quenched*) menggunakan berbagai media pendingin. Air, air laut, minyak kelapa, dan oli SAE 40 digunakan sebagai media pendingin dalam penelitian ini, dengan waktu penahanan 5 sampai 20 menit untuk setiap media pendingin. Metodologi pengujian *Rockwell* digunakan untuk menentukan kekerasan dan kekuatan tarik Baja ST 41 setelah di*quenching*. Dari hasil penelitian tersebut pada kekuatan tarik yang memiliki nilai paling optimal yaitu menggunakan media pendingin air yaitu 63 kN/mm<sup>2</sup>, pada pengujian kekerasan yang memiliki nilai kekerasan paling optimal menggunakan media pendingin air yaitu 82,5 HRC (Ayu V & Sumiati, 2020).

Kesamaan penelitian sumiati dan fransisca dengan peneliti adalah meneliti pada proses *heat treatment* dengan bahan ST 41. Perbedaannya adalah

penelitian Sumiati dan Francisca melihat pengaruh media pendingin yang berbeda terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja ST 41, sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

4. Dalam jurnal Dwi S, Fatkur R, dan Am Mufarrih, (2020) yang berjudul “Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Penggunaan Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Material St-41”. Jurnal menerbitkan studi tentang kekerasan komponen mesin baja, diperlukan panas atau perlakuan permikaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh temuan kekuatan tarik untuk menentukan dampak media pendingin dan waktu tahan terhadap kekuatan tarik material ST 41 selama proses perlakuan panas. Pendekatan penelitian adalah eksperimen murni (*true eksperimental*), dengan analisis data dilakukan pada software mini tab 16 menggunakan *analysis of varians*.

Durasi penahanan selama 15 menit dengan media pendingin air 64 kN ditemukan sebagai modifikasi yang memiliki dampak terbesar pada kekuatan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa holding time berpengaruh terhadap kuat tarik dengan nilai p value  $<0,05$  (nilai signifikan), sedangkan media pendingin tidak berpengaruh terhadap kuat tarik dengan p value  $>0,05$ . (nilai penting). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa faktor waktu penahanan berpengaruh terhadap kekuatan tarik, tetapi komponen media pendingin tidak berpengaruh signifikan (Dwi Setyawan dkk, 2018).

Kesamaan dalam penelitian yang dilakukan Dwi, Fatkur, dan Mufarrih dengan peneliti adalah membahas mengenai perlakuan panas dan material ST 41, namun perbedaanya jurnal Dwi lebih fokus terhadap penggunaan media pendingin, sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

5. Dalam jurnal Nofri Media dan Aceng Taryana, (2017) yang berjudul “Analisis Sifat Mekanik Baja Skd 61 Dengan Baja St 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur” (Nofri & Acang, 2017). Dengan menganalisa perubahan sifat material menggunakan metode *Hardening*

kemudian merubah variasi temperatur untuk mendapatkan perubahan sifat mekanik dan struktur mikro akibat perbaikan kualitas material Baja ST 41, jurnal ini mengkaji perubahan sifat mekanik dan struktur mikro akibat perbaikan sifat material kualitas bahan Baja ST 41. Dari hasil penelitian tersebut mendapat kesimpulan struktur mikro baja ST 41 tanpa perlakuan panas berupa Ferrite dan Pearlite setelah dikeraskan pada suhu 900°C berupa Bainite-Ferrite dengan ukuran butir tidak beraturan, sesuai dengan temuan tersebut, Pengerasan berupa serpihan pelat bainit dengan ukuran butir tidak beraturan pada suhu 1000°C. Material baja *non heat treatment* SKD 61 memiliki nilai kekerasan 197 HV, material baja *non heat treatment* ST 41 memiliki nilai kekerasan 165 HV, dan material baja *non heat treatment* ST 42 memiliki nilai kekerasan 165 HV, sesuai dengan temuan dari uji kekerasan, Setelah dilakukan pengerasan pada suhu 900°C diperoleh nilai kekerasan 154 HV, 950°C adalah 152 HV, dan 1000°C adalah 161 HV, sebagaimana dibuktikan pada data metalografi. Setelah pengerasan, terlihat perubahan struktur mikro pada baja ST 41, dimana struktur tersebut tampak didominasi oleh Bainite-Ferrite (Nofri & Acang 2017).

Kesamaan penelitian yang dilakukan oleh Nofri dan Aceng adalah membahas mengenai sifat mekanik baja ST 41. Namun perbedaannya adalah penelitian Nofri dan Aceng juga menggunakan Baja SKD 61 dengan variasi temperatur, sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

6. Dalam jurnal Isworo Hajar dan Najib Rahman, (2020) yang berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja St 41 Metode *Hardening*”. Jurnal Penelitian ini melihat pengaruh temperatur pemanasan dan media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST 41. Perlakuan *hardening* diselesaikan selama 15 menit pada suhu austenitik (850°C, 900°C, dan 950°C), kemudian segera didinginkan dengan aquades, oli SAE 40, oli SAE 20W-50, dan air kelapa sebagai media pendingin. Nilai kekerasan optimum

adalah 326,2 HV pada 850°C dengan media pendingin air, dan nilai kekerasan minimum adalah 153,1 HV pada 950°C dengan media pendingin oli SAE 40, oli SAE 20W-50, sesuai dengan hasil pengujian, sedangkan pengujian struktur mikro setelah proses pengerasan mengungkapkan struktur martensit dan bainit. Prosedur pengerasan dapat meningkatkan nilai kekerasan baja ST 41, sesuai dengan temuan penelitian ini (Isworo dkk, 2020).

Ketika menganalisis struktur mikro baja ST 41, Hajar dan Najib memiliki banyak kesamaan. Perbedaannya, Hajar dan Najib menggunakan prosedur pengerasan untuk melihat bagaimana perubahan suhu pemanasan dan media pendingin mempengaruhi kekerasan dan struktur baja ST 41. sedangkan peneliti lebih terfokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses *heat treatment*.

7. Dalam jurnal Andik Kristanto dan Edi Susanto (2020) yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Temperatur Pada Perlakuan Panas Baja St-41 Terhadap Sifat Mekanik”. Jurnal ini meneliti sebuah bangunan dengan fasilitas konstruksi yang sebagian besar menggunakan besi dan baja paduan sebagai komponen dalam kerangkanya, dengan baja ST-41 menjadi salah satu jenis baja yang paling umum digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perlakuan panas *Hardening* dengan media pendingin yang berbeda, seperti air mineral, oli SAE 40, dan larutan laut, serta fluktuasi suhu dengan media pendingin dan suhu yang berbeda. Media pendingin air mineral memiliki nilai kuat tarik rata-rata tertinggi sebesar 54,78 kg/mm<sup>2</sup> pada suhu 950°C. Pada suhu 850°C, nilai kekerasan tarik rata-rata terendah pada media pendingin oli SAE 40 adalah 36,78 kg/mm<sup>2</sup>. Pada suhu 950°C, nilai kekerasan rata-rata pada uji kekerasan baja ST-41 dengan perubahan media pendingin larutan laut adalah 73 HRC, sedangkan nilai kekerasan rata-rata terendah 52 HRC pada oli SAE 40 temperatur 900°C. Karakteristik mekanik dapat dipengaruhi oleh suhu dan penentuan media pendingin (Andik K & Edi S, 2020).

Kesamaan dalam penelitian yang dilakukan oleh Andik dan Edi dengan peneliti adalah membahas mengenai bahan baja ST-41 dan menggunakan uji

kekerasan dan uji tarik sebagai pengujian bahan baja ST 41. Perbedaannya adalah terletak pada objek penelitian, Peneliti lebih fokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik material baja ST 41 pada proses perlakuan panas, sedangkan penelitian Andik dan Edi lebih fokus pada pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik bahan baja ST 41 dalam proses perlakuan panas.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik eksperimen sebagai penelitian kualitatif. Metode eksperimen adalah teknik untuk menentukan pengaruh satu variabel pada variabel lain di bawah pengaturan yang dikontrol dengan cermat (Indra Kurniawan & Imam Pujo Mulyatno, 2019).

Baja ST 41 dipanaskan pada 900 °C dan didinginkan dengan berbagai media pendingin, termasuk air tawar, air laut, dan oli SAE 40, sebelum ditempa pada 300 °C. Ini digunakan dalam aplikasi perkakas tangan. Pengujian tarik, pengujian dampak, pengujian kekerasan, dan pengujian keausan semuanya digunakan untuk mendapatkan dan menilai sifat mekanik material.

#### **B. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Jadwal penelitian adalah rencana langkah demi langkah untuk melaksanakan penelitian dari awal sampai akhir. Jadwal penelitian ini dibuat untuk dijadikan sebagai tenggat waktu atau tujuan untuk menyelesaikan penelitian. Penelitian akan dilakukan mulai September 2020 hingga Februari 2021, dengan menggunakan lokasi dan pengujian sebagai berikut:

1. Uji komposisi, tarik, dampak, dan kekerasan dilakukan di UPTD Laboratorium Industri Kompleks LIK Takaru Kabupaten Tegal, sedangkan uji keausan dilakukan di Laboratorium Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian

No	Tahap Kegiatan	Bulan					
		Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
1	<b>Persiapan</b>						
	a. Mencari Literatur	√	√				
	b. Studi Literatur	√	√				
	c. Penyusunan Proposal	√	√	√			
	d. Persiapan Alat dan Bahan				√		
2	<b>Pelaksanaan</b>						
	a. Seminar Proposal			√			
	b. Pembuatan Spesimen				√		
	c. Pengujian Bahan di Lab				√		
3	<b>Penyelesaian</b>						
	a. Pengolahan Data		√	√	√	√	√
	b. Pembahasan		√	√	√	√	√
	c. Penyusunan Laporan		√	√	√	√	√
	d. Ujian Skripsi						√

### C. VARIABEL PENELITIAN

Variabel penelitian adalah segala sesuatu dalam bentuk apapun yang memiliki banyak perbedaan satu sama lain dan telah diputuskan oleh peneliti untuk diselidiki sehingga dapat dikumpulkan data dan kesimpulan yang dihasilkan. (Ridha, 2017). Tiga kategori variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas (*independen*) adalah faktor yang menyebabkan munculnya atau berubahnya variabel terikat (*dependen*). Pada penelitian ini pengaruh media *quenching* yang berbeda (air tawar, air asin, dan oli SAE 40) pada Baja ST-41 merupakan variabel bebas.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat (*dependen*) adalah variabel yang dipengaruhi oleh atau hasil dari variabel bebas. Nilai komposisi kimia sampel, nilai hasil uji tarik, nilai

hasil uji impak, nilai hasil uji kekerasan, dan nilai hasil uji keausan merupakan variabel terikat dalam penelitian ini.

### 3. Variabel Kontrol

Variabel ini memiliki potensi untuk mempengaruhi hasil dari variabel *dependen*, tetapi efek ini tidak diinginkan. Akibatnya, variabel kontrol dalam penelitian ini harus dipertahankan dalam kondisi tertentu atau dikendalikan agar tidak mengganggu hasil variabel *independen*, yang meliputi: Alat uji komposisi, alat uji tarik, alat uji impak, alat uji kekerasan, dan alat uji keausan adalah contoh perlakuan panas dan temper suhu tinggi. Kualitas mekanik yang muncul pada baja ST 41 setelah menjalani metode perlakuan panas adalah fenomena yang diperhatikan (Perlakuan Panas). Proses tempering heating dilakukan pada suhu 300°C, dilanjutkan dengan *quenching* dengan air tawar, air laut, dan oli SAE 40.

## D. METODE PENGUMPULAN DATA

Penulis membahas dan menguraikan cara pengumpulan data dalam penyusunan penelitian ini. Ada metode pengumpulan data tertentu yang berguna antara lain:

### 1. Metode Observasi

Observasi adalah suatu metode pengumpulan data dan informasi untuk suatu proyek studi dengan mengamati secara langsung keadaan yang sebenarnya di suatu perusahaan atau usaha kecil.

Penulis menggunakan teknik observasi untuk melacak pertumbuhan baja ST 41 di UPTD Laboratorium Industri Kompleks LIK Takaru Jalan Raya Dampyak Tegal. Karena perkakas tangan tap dan snai menuntut tingkat kekuatan yang tinggi, selain itu, bahan yang digunakan harus berkualitas baik. Akibatnya, beberapa upaya untuk mengembangkan alat penelitian untuk meningkatkan hasil telah dicoba.

### 2. Metode Eksperimen

Eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk menentukan apakah ada akibat dari sesuatu yang dipaksakan pada subjek

penelitian yang akan mempengaruhi objek penelitian, serta jika ada kontrol yang disengaja atas objek penelitian.

Eksperimen adalah metode penelitian untuk menentukan apakah sesuatu yang dipaksakan pada subjek penelitian memiliki efek pada topik penelitian, serta apakah objek penelitian berada di bawah kendali yang disengaja. Pendekatan eksperimental dilakukan dengan menggunakan material baja ST 41 dan variasi *quenching* dengan media (air tawar, air laut, dan oli SAE 40) sebagai variabel *independen* untuk mendapatkan data yang lebih asli pada baja ST 41.

### **3. Studi Pustaka**

Strategi ini melibatkan penelitian buku dan literatur di jurnal penelitian untuk mendapatkan pengetahuan dan data sebagai referensi.

## **E. METODE ANALISIS DATA**

Setelah pengumpulan data, data dianalisis, dan temuan pengujian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan untuk menghasilkan data *kuantitatif* (dalam bentuk angka). Dalam bentuk perbandingan persentase dan rata-rata antara data yang mengalami fluktuasi, pendekatan analisis data pada nilai kekuatan tarik, kekuatan impact, nilai kekerasan, dan nilai keausan pada baja ST 41 antara sampel menggunakan air tawar, air laut, dan minyak SAE 40 sebagai media pendingin yang digunakan.

Lembar analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:





## F. INSTRUMEN PENELITIAN dan DESAIN PENGUJIAN

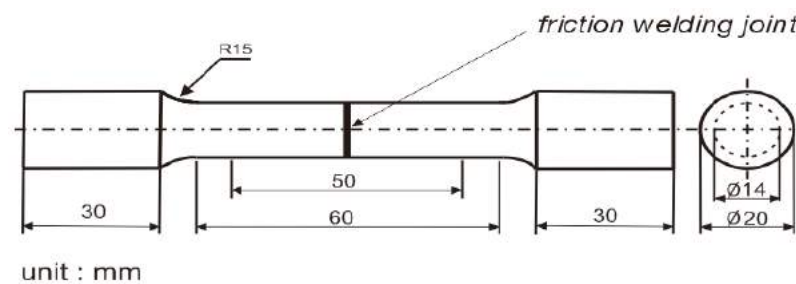
Instrumen berikut digunakan dalam penelitian ini :

### 1. Alat dan Bahan

- a. Baja ST 41
- b. Jangka Sorong
- c. Alat Pengukur Suhu
- d. Air Tawar
- e. Air Laut
- f. Oli SAE 40
- g. Tungku pemanas yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memanaskan spesimen sampai diatas temperatur austenite
- h. Mesin Uji Komposisi yang digunakan dengan merk “Spectrotest TXC03”
- i. Mesin Uji Tarik yang digunakan dengan merk “Shimizu UH 1000 KN”
- j. Mesin Uji *Impact Charpy* yang digunakan dengan merk “Hung Ta”
- k. Mesin Uji Kekerasan yang digunakan dengan merk “Affri”

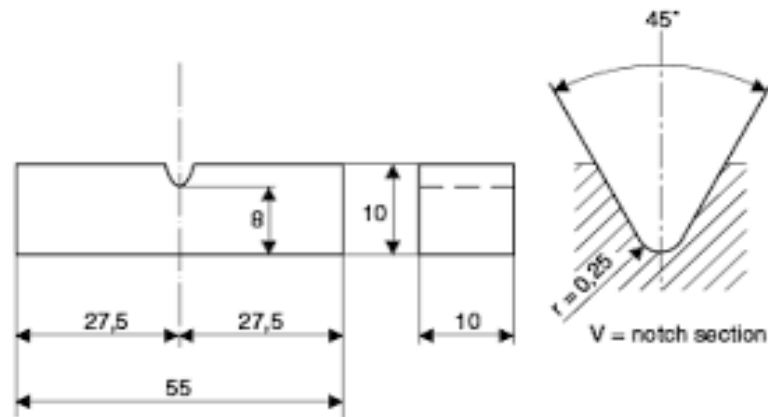
### 2. Desain Pengujian

#### a) Spesimen Uji Tarik



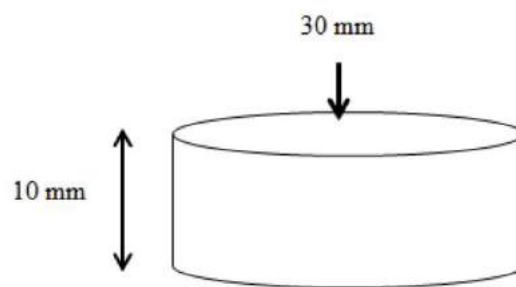
Gambar 3.1 Desain Spesimen Uji Tarik JIZ Z 2241

**b) Spesimen Uji *Impact***



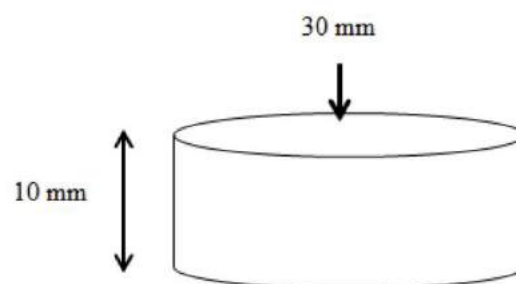
Gambar 3.2 Desain Spesimen Uji *Impact Charpy* JIZ 2242

**c) Spesimen Uji Kekerasan**



Gambar 3.3 Desain Spesimen Uji Kekerasan JIZ Z 2243

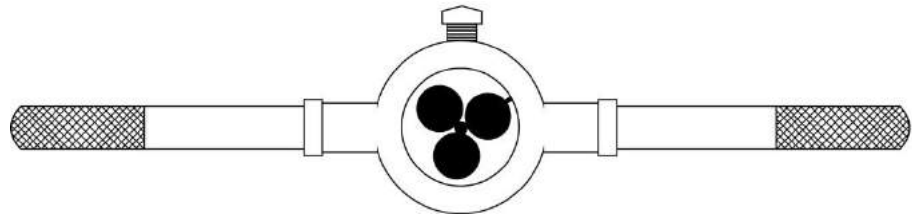
**d) Spesimen Uji Keausan**



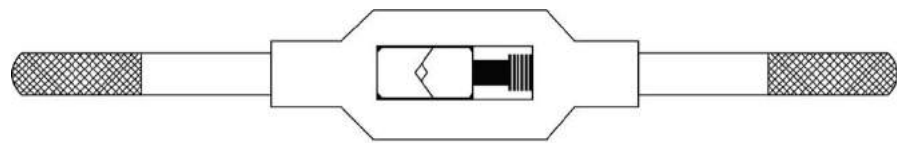
Gambar 3.4 Desain Spesimen Uji Keausan



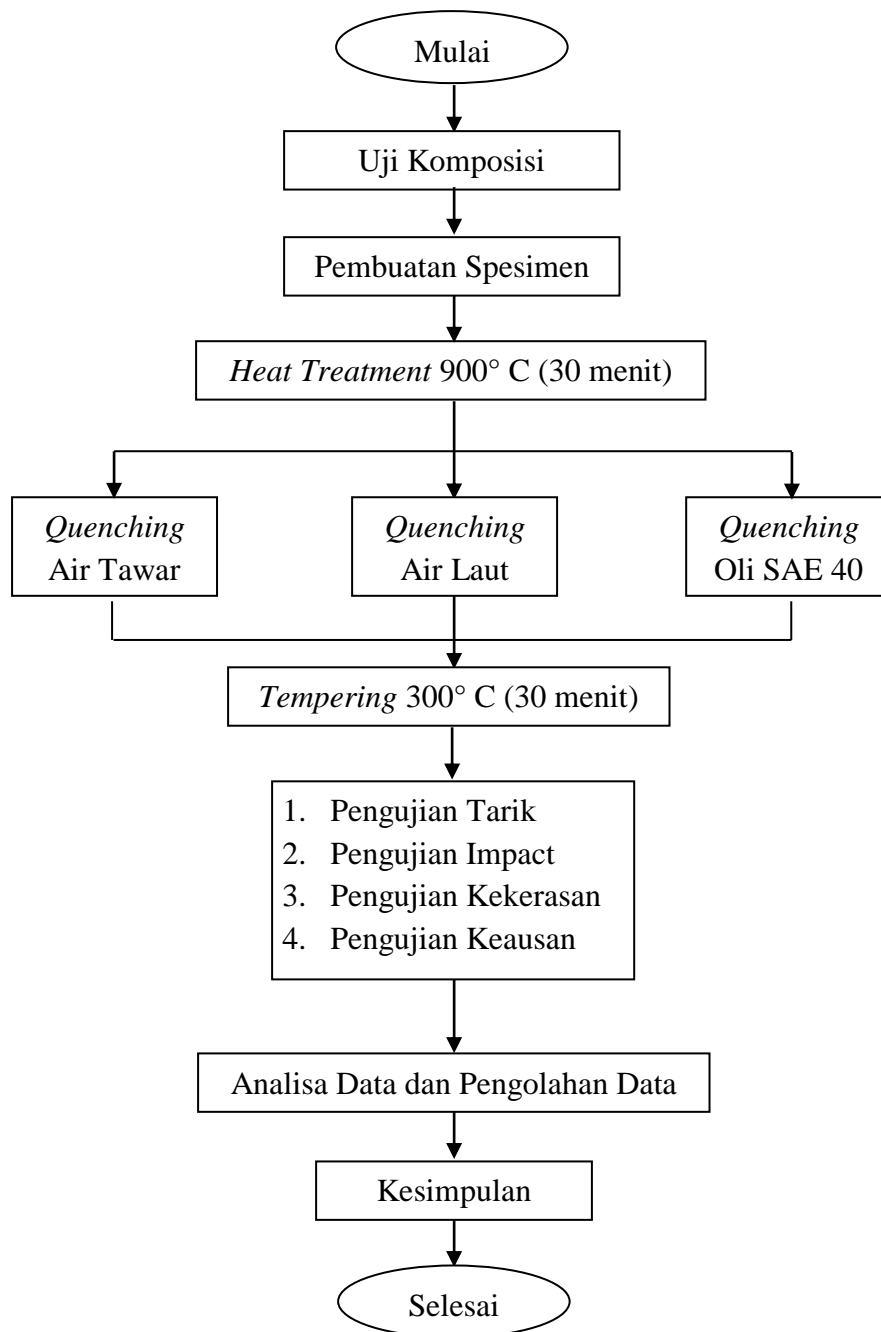
**e) Rencana Produk**



Gambar 3.5 Desain Rencana Alat Perkakas Tangan Sney



Gambar 3.6 Desain Rencana Alat Perkakas Tangan Tap

**G. DIAGRAM ALUR PENELITIAN**

Gambar 3.7 Diagram Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Setelah pengujian dalam penelitian ini selesai dilakukan, maka akan didapat data hasil pengujian terhadap specimen berupa data kekuatan tarik, nilai impak dan nilai kekerasan. Dari data-data tersebut kemudian dilakukan analisa untuk setiap pengujian. Penganalisaan berupa perbandingan antara dasar teori yang telah dipaparkan dalam bab sebelumnya dengan data hasil pengujian.

##### 1. Pengujian Komposisi

Hasil uji komposisi pada sampel stang tap termasuk 0,20% C, menunjukkan bahwa baja stang tap dikategorikan sebagai baja karbon rendah, sesuai dengan temuan penelitian. Persentase karbon baja karbon rendah kurang dari 0,3 % (Arifin dkk, 2017). Unsur penyusun dasarnya besi (Fe) = 98,8%. Selain itu, baja mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S) = 0,02%, fosfor (P) = 0,03%, silikon (Si) = 0,16%, dan mangan (Mn) = 0,45%. Hasil uji komposisi pada sampel stang tap dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Stang Tap

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,20	0,20	0,20
Si	0,16	0,17	0,16
Mn	0,45	0,44	0,45
P	0,03	0,04	0,03
S	0,02	0,02	0,02
Cr	0,02	0,02	0,02
Mo	0,01	0,01	0,01
Ni *)	0,02	0,02	0,02
Cu	0,03	0,03	0,03
Fe	98,9	98,8	98,8

Sumber : dikelola dari Laboratorium LIK Tegal, 2020

Hasil uji komposisi pada sampel awal baja ST-41 (*raw material*) mengandung 0,14% C, menunjukkan bahwa baja ST-41 tergolong baja karbon rendah berdasarkan temuan penelitian. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% (Arifin dkk, 2017). Hasil uji komposisi pada sampel baja ST-41 (*raw material*) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Komposisi Baja ST 41 (*Raw Material*)

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,14	0,13	0,14
Si	0,15	0,15	0,15
Mn	0,42	0,41	0,41
P	0,06	0,05	0,05
S	0,03	0,03	0,03
Cr	0,02	0,02	0,02
Mo	0,00	0,00	0,00
Ni <sup>*</sup> )	0,01	0,01	0,01
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,8	98,8	98,8

Sumber : dikelola dari Laboratodium LIK Tegal, 2021

Hasil pengujian komposisi pada sampel baja ST-41 *quenched* air laut mengandung 0,14% C, menunjukkan bahwa baja ST-41 *quenched* air laut tergolong baja karbon rendah berdasarkan hasil temuan penelitian. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% (Arifin dkk, 2017). Hasil uji komposisi pada sampel baja ST-41 *quenching* air laut dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Komposisi Baja ST 41 *Quenching* Air Laut

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,15	0,13	0,14
Si	0,15	0,13	0,14
Mn	0,42	0,41	0,42
P	0,06	0,06	0,06
S	0,03	0,04	0,03
Cr	0,06	0,03	0,04
Mo	0,02	0,00	0,01
Ni *)	0,02	0,01	0,01
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,7	98,8	98,8

Sumber : dikelola dari Laboratorium LIK Tegal, 2021

## 2. Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik LIK Tegal. Pada pengujian ini dilakukan 3 kali percobaan pada setiap media variasi pendingin.

Kekuatan tarik dirumuskan sebagai  $\sigma = \frac{P}{A_o}$  ..... (4.1)

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum (N)

$A_o$  = luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Tarik Spesimen Baja ST 41

Spesimen	D <sub>0</sub> (mm)	L <sub>0</sub> (mm)	A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> ) $A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$	P <sub>max</sub> (kN)	P <sub>max</sub> (N)	Tegangan Tarik(N/mm <sup>2</sup> ) $\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$		Selisih perhitungan lab LIK Tegal dan Manual
						Lab	Manual	
<i>Raw Material</i>	9,96	50	77,87	40,84	40.840	524,22	524,46	-0,24
	10,23	50	82,15	49,00	49.000	585,80	596,46	-10,66
Rata – Rata	<b>10,09</b>	<b>50</b>	<b>80,01</b>	<b>44,92</b>	<b>44.920</b>	<b>555,01</b>	<b>560,46</b>	<b>-5,45</b>
<i>Quenching air tawar</i>	9,9	50	76,93	31,31	31.310	406,78	406,99	-0,21
	10,10	50	80,07	33,75	33.750	421,25	421,50	-0,25
	9,93	50	77,40	32,56	32.560	420,46	420,67	-0,21
Rata – Rata	<b>9,97</b>	<b>50</b>	<b>78,13</b>	<b>32,54</b>	<b>32.540</b>	<b>416,16</b>	<b>416,38</b>	<b>-0,22</b>
<i>Quenching air laut</i>	9,83	50	75,85	51,31	51.310	676,12	676,46	-0,34
	10,02	50	78,81	40,66	40.660	515,59	515,92	-0,33
	9,99	50	78,34	53,69	53.690	684,94	685,34	-0,4
Rata – Rata	<b>9,94</b>	<b>50</b>	<b>77,66</b>	<b>48,55</b>	<b>48.553</b>	<b>625,55</b>	<b>625,90</b>	<b>-1,07</b>
Variasi <i>Quenching oli SAE 40</i>	9,83	50	75,85	30,06	30.060	396,12	396,30	-0,18
	10,15	50	80,87	31,78	31.780	392,78	392,97	-0,16
	9,89	50	76,78	30,91	30.910	402,31	402,57	-0,26
Rata – Rata	9,95	<b>50</b>	<b>77,83</b>	<b>30,91</b>	<b>31.116</b>	<b>387,08</b>	<b>397,28</b>	<b>-0,2</b>

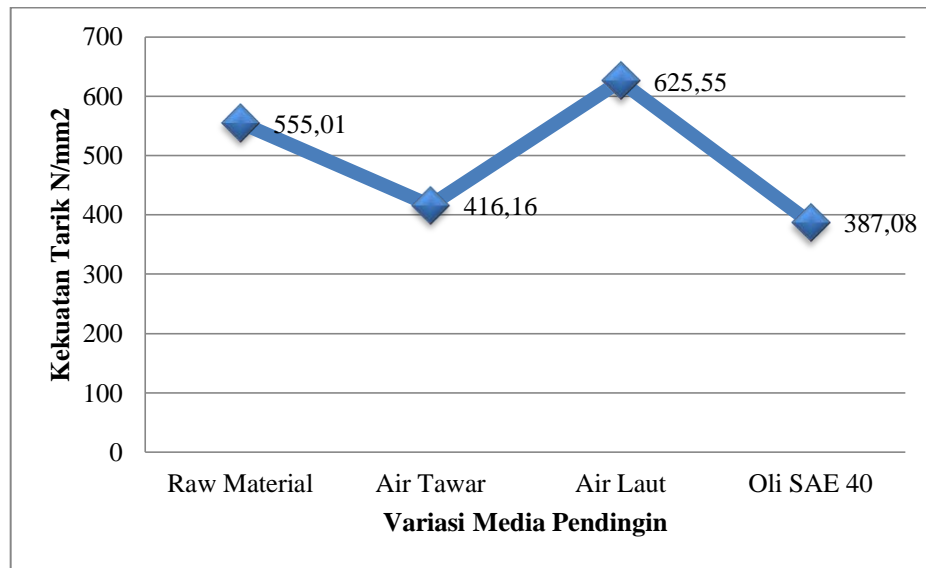
Sumber : dikelola dari Laboratorium LIK Tegal, 2021

Keterangan :

D<sub>0</sub> = Diameter awal (mm)L<sub>0</sub> = Panjang awal (mm)A<sub>0</sub> = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

P max = Beban tarik maksimum (kN)

 $\sigma$  = Kuat tarik (N/mm<sup>2</sup>)



Gambar 4.1 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekuatan tarik

Kekuatan tarik bahan baku baja ST 41 diproses secara manual.

$$\begin{aligned}
 A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} 9,96^2 \\
 &= 77,87 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\
 &= \frac{40.840 \text{ (N)}}{77,87 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
 &= 524,46 \text{ (N/mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

### 3. Pengujian Impak

Teknik charpy digunakan untuk mengevaluasi Baja ST 41 tanpa perlakuan dan berbagai larutan pendingin seperti air tawar, air laut, dan SAE 40. Tiga pengujian dilakukan untuk setiap varian pengujian.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Impak Spesimen Baja ST 41

Spesimen	G (N)	R (m)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	b (mm)	h (mm)	$A_0$ (mm <sup>2</sup> )	E (J)	HI (J/mm <sup>2</sup> )
Raw Material	390,63	0,72	140	117	10	8,4	84	87,77	1,044
	390,63	0,72	140	105	10	8,5	85	142,66	1,678
	390,63	0,72	140	101	10	8,7	87	161,79	1,859
<b>Rata-rata</b>	<b>390,63</b>	<b>0,72</b>	<b>140</b>	<b>107,66</b>	<b>10</b>	<b>8,53</b>	<b>85,33</b>	<b>130,74</b>	<b>1,527</b>
Quenching Air Tawar	390,63	0,72	140	133	10	8,5	85	23,64	0,278
	390,63	0,72	140	134	10	8,2	82	20,08	0,244
	390,63	0,72	140	136	10	8,5	85	13,14	0,154
<b>Rata-rata</b>	<b>390,63</b>	<b>0,72</b>	<b>140</b>	<b>134,33</b>	<b>10</b>	<b>8,4</b>	<b>84</b>	<b>18,95</b>	<b>0,225</b>
Quenching Air Laut	390,63	0,72	140	132	10,1	8,4	84,84	27,26	0,321
	390,63	0,72	140	127	9,9	8,6	85,17	46,19	0,542
	390,63	0,72	140	134	10	8,7	87	16,58	0,190
<b>Rata-rata</b>	<b>390,63</b>	<b>0,72</b>	<b>140</b>	<b>131</b>	<b>10</b>	<b>8,56</b>	<b>85,67</b>	<b>30,01</b>	<b>0,351</b>
Quenching Oli SAE 40	390,63	0,72	140	110	10	8,5	85	119,26	1,403
	390,63	0,72	140	114	10	8,2	82	101,06	1,232
	390,63	0,72	140	105	10	8,5	85	142,66	1,678
<b>Rata-rata</b>	<b>390,63</b>	<b>0,72</b>	<b>140</b>	<b>109,66</b>	<b>10</b>	<b>8,4</b>	<b>84</b>	<b>120,99</b>	<b>1,437</b>

Sumber : dikelola dari Laboratorium LIK Tegal, 2021

Keterangan :

G = Berat Pendulum (390,63 N)

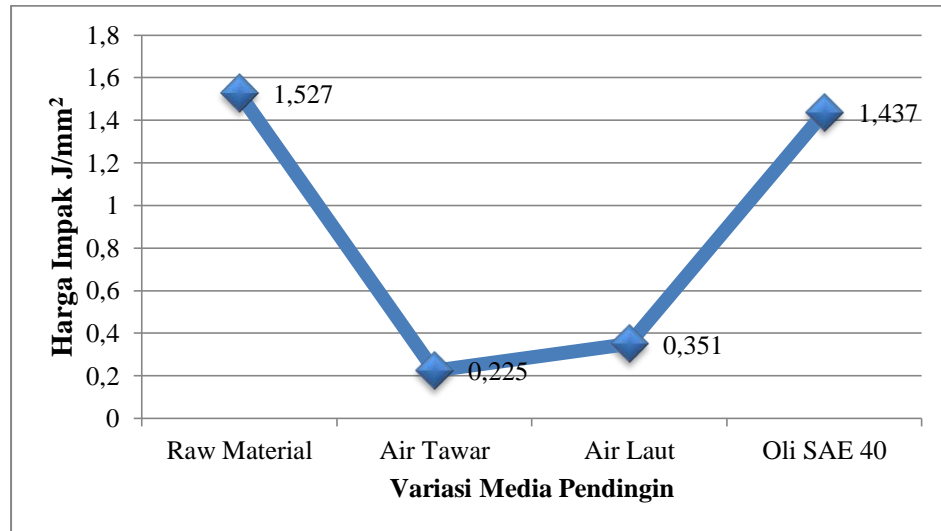
R = Panjang Pendulum (0,72 m)

 $\beta$  = Sudut Akhir Setelah Pengujian (°) $\alpha$  = Sudut Awal Sebelum Pengujian (°)

A = Luas Penampang Spesimen



Grafik dibuat dengan menggunakan tabel 4.5 Hasil Pengujian Impak untuk Spesimen Baja ST 41, seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.2 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekuatan impak

Nilai kekuatan impak *raw material* baja ST 41 diproses secara manual.

$$HI = \frac{E}{A} \text{ atau } HI = \frac{G \times R (\cos \beta - \cos \alpha)}{b \times h}$$

$$\begin{aligned} E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 390,63 \times 0,72 (\cos 117 - \cos 140) \\ &= 281,25 (0,31205) \\ &= 87,77 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 10 \times 8,4 \\ &= 84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= \frac{87,77}{84} \\ &= 1,044 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

#### 4. Pengujian Kekerasan

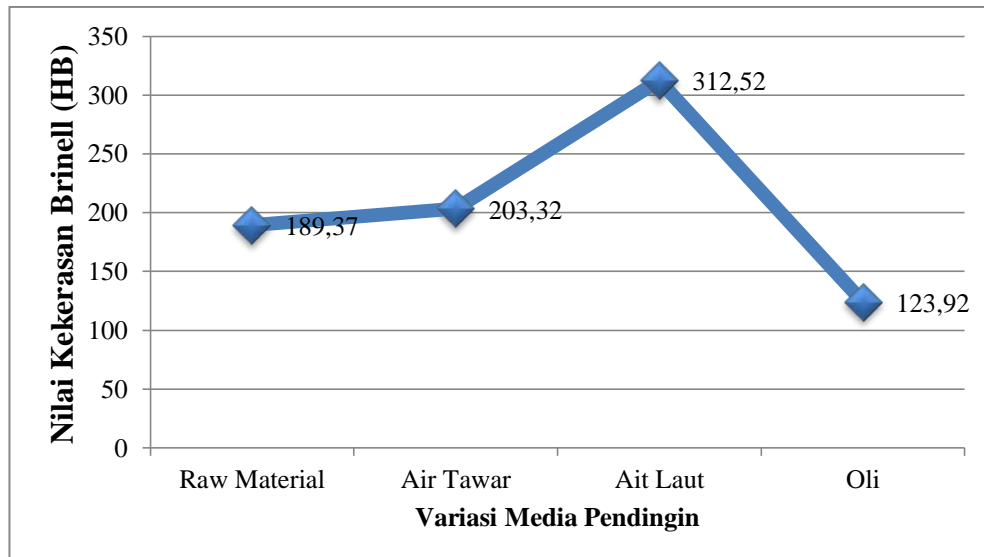
Teknik HB (*hard brinell*) digunakan untuk menguji kekerasan. Kekerasan *brinell* dihitung dengan membagi beban  $p$  dengan luas bidang kompresi ( $\text{mm}^2$ ), yang merupakan deformasi permanen yang disebabkan oleh kompresi. Dengan menggunakan mesin Affri 206 RT standar uji JIZ Z 2243:2008, Setiap spesimen dipanaskan hingga  $900^\circ\text{C}$ , kemudian didinginkan dalam berbagai cairan, termasuk air tawar, air laut, dan oli SAE 40, sebelum ditempa pada suhu  $300^\circ\text{C}$ . Setiap spesimen dinilai kekerasannya tiga kali atau tiga titik pada permukaannya.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen Baja ST 41

No	Daerah Uji	Spesimen	D ( mm )	d( mm )	F( N )	Nilai Kekerasan Brinell $HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
1	Titik 1	Raw Material	2,5	1,09	1840	194,99
	Titik 2		2,5	1,11	1840	189,29
	Titik 3		2,5	1,13	1840	183,82
Nilai Rata – Rata						189,37
2	Titik 1	Variasi Quenching Air Tawar	2,5	1,09	1840	197,38
	Titik 2		2,5	1,09	1840	196,18
	Titik 3		2,5	1,04	1840	216,41
Nilai Rata – Rata						203,32
3	Titik 1	Variasi Quenching Air Laut	2,5	0,83	1840	346,60
	Titik 2		2,5	0,91	1840	290,19
	Titik 3		2,5	0,88	1840	300,76
Nilai Rata – Rata						312,52
4	Titik 1	Variasi Quenching Oli SAE 40	2,5	1,34	1840	124,54
	Titik 2		2,5	1,34	1840	122,68
	Titik 3		2,5	1,34	1840	124,54
Nilai Rata – Rata						123,92

Sumber : diekola dari Laboratotium LIK Tegal, 2021

Dari tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen Baja ST 41 maka dibuat grafik seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Pengaruh variasi pendingin terhadap kekerasan

Nilai kekuatan kekerasan *brinell raw material* baja ST 41 diproses secara manual.

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan :

HB = Harga kekerasan brinell

F = Beban penekanan (N) 1840 N = 187,62 Kgf

D = Diameter bola (mm) 2,5 mm

d = Diameter jejak/lekukan (mm)

$$194,99 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$194,99 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.826,67 - 1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.826,67$$

$$\begin{aligned}
-1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) &= -3.451,43 \\
(\sqrt{6,25 - d^2}) &= \frac{-3.451,43}{1.530,67} \\
(\sqrt{6,25 - d^2}) &= -2,25 \\
(6,25 - d^2) &= -2,25^2 \\
(6,25 - d^2) &= 5,06 \\
(-d^2) &= 5,06 - 6,25 \\
d^2 &= 1,19 \\
d &= \sqrt{1,19} \\
d &= 1,09 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
&= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,09^2})} \\
&= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,18})} \\
&= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,07})} \\
&= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,25)} \\
&= \frac{375,24}{1,96} \\
&= 191,44 \text{ HB}
\end{aligned}$$

## 5. Pengujian Keausan

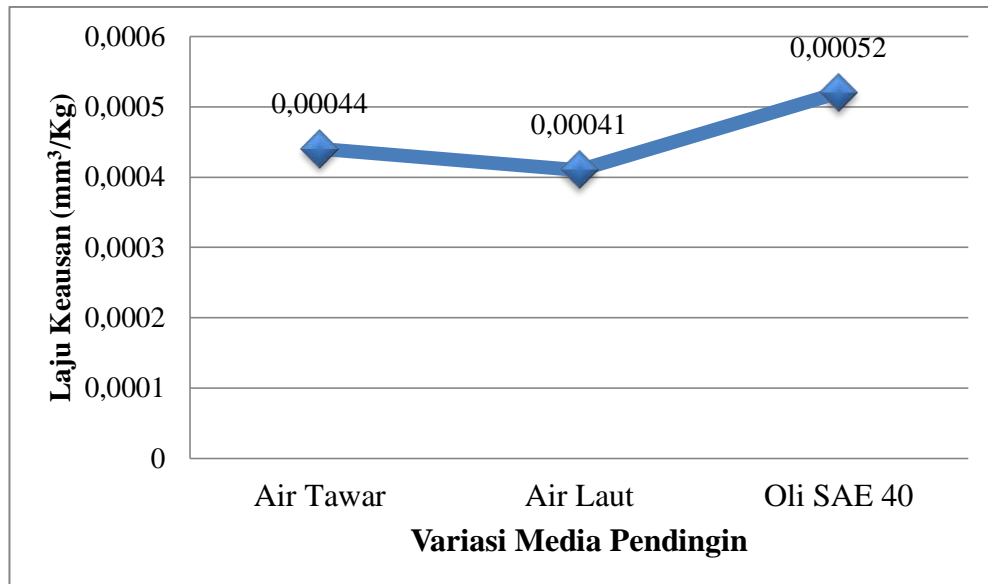
Pengujian keausan dilakukan menggunakan keausan universal pada tanggal 18 Februari 2021 di Laboratorium Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, dengan jarak keausan 15 meter dan berat uji 6,36 kg, setiap spesimen dipanaskan hingga 900°C, kemudian didinginkan dalam berbagai cairan, termasuk air tawar, air laut, dan oli SAE 40, sebelum ditempa pada suhu 300°C. Setiap spesimen mengalami tiga uji keausan terpisah.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Keausan Spesimen Baja ST 41

Variasi Pendinginan	Titik Uji	Tebal Disc	Jari-jari	Panjang Wear	Volume Tergores	Keausan	Keausan rata-rata
<b>Oli SAE 40 1</b>	1	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	0,00053
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
<b>Oli SAE 40 2</b>	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00048
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
<b>Oli SAE 40 3</b>	1	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	0,00055
	2	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
<b>Rata-Rata</b>							0,00052
<b>Air Tawar_1</b>	1	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	0,00049
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,12	0,02970	0,00047	
<b>Air Tawar_2</b>	1	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	0,00040
	2	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	
	3	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
<b>Air Tawar_3</b>	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00042
	2	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
	3	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	
<b>Rata-Rata</b>							0,00044
<b>Air Laut_1</b>	1	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	0,00047
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
<b>Air Laut_2</b>	1	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	0,00036
	2	3,45	13,6	0,95	0,01812	0,00028	
	3	3,45	13,6	0,96	0,01870	0,00029	
<b>Air Laut_3</b>	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00039
	2	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
	3	3,45	13,6	0,95	0,01812	0,00028	
<b>Rata-Rata</b>							0,00041

Sumber : Laboratorium Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2021

Dari tabel 4.7 Hasil Pengujian Keausan Spesimen Baja ST 41 maka dibuat grafik seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.4 Pengaruh variasi pendingin terhadap keausan

Pengolahan data manual nilai hasil kekuatan keausan Oli SAE 40 baja ST 41.

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o}$$

Keterangan :

W = Volume Material yang terabrasi

B = Tebal disc benda uji (mm)

r = Jari-jari disc benda uji (mm)

$b^3$  = Lebar material yang terabrasi

$W_s$  = Harga Keausan Spesifik (mm³/Kg)

P = Beban Pengujian = 6,36 Kg

$L_o$  = Jarak Pengausan = 15 m

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
 &= \frac{3,45 \cdot 1,20^3}{12 \cdot 13,6} \\
 &= \frac{5,961}{163,2} \\
 &= 0,03653 \text{ mm}^3 \\
 W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\
 &= \frac{3,45 \cdot 1,20^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,36 \cdot 15} \\
 &= \frac{5,961}{15569,28} \\
 &= 0,000382 \text{ mm}^3/\text{Kg}
 \end{aligned}$$

## B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, berikut adalah ringkasan pembahasannya:

### 1. Uji Tarik

Dari tabel 4.4 Hasil Pengujian Tarik Spesimen Baja ST 41 diperoleh bahwa variasi media pendingin menggunakan air laut mengalami peningkatan kekerasan yang cukup signifikan hal ini sesuai dengan pernyataan (Dwi Setyawan, Fatkur Rhohman 2018) yang mengatakan bahwa penggunaan media pendingin air sangat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan baja, namun kekurangannya yaitu mengurangi tingkat ketangguhan baja. Dengan demikian maka hasil uji praktek sejalan dengan teori.

Berdasarkan kajian proses *hardening* pada 900<sup>0</sup>C, kemudian sebelum ditemper pada suhu 300<sup>0</sup>C di *quenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari pengujian tersebut didapat hasil bahwa media pendingin air laut mengalami kenaikan yang awalnya *raw material* memiliki nilai kekuatan tarik 555,01 N/mm<sup>2</sup> menjadi 625,55 N/mm<sup>2</sup>, namun pada media pendingin air tawar dan oli SAE 40 mengalami penurunan menjadi 416,16 N/mm<sup>2</sup> untuk nilai kekuatan tarik air tawar, dan 387,08 N/mm<sup>2</sup> untuk nilai kekuatan tarik oli SAE 40.

Menggunakan media pendingin air laut untuk pengujian tarik dengan nilai kekuatan tarik terbaik. Menggunakan media pendingin air laut untuk pengujian tarik dengan nilai kekuatan tarik terbaik.

## 2. Uji Impak

Berdasarkan kajian proses *hardening* pada  $900^{\circ}\text{C}$ , kemudian sebelum ditemper pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$  di*quenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari pengujian tersebut didapat hasil dengan harga impak  $0,225 \text{ J/mm}^2$ , media pendingin air laut mengalami penurunan dengan harga impak  $0,351 \text{ J/mm}^2$ , dan untuk media pendingin oli SAE 40 mengalami penurunan dengan harga impak  $1,437 \text{ J/mm}^2$  sedangkan untuk *raw material* memiliki harga impak  $1,527 \text{ J/mm}^2$ . Media pendingin oli SAE 40 untuk pengujian impak yang memiliki nilai terbesar.

## 3. Uji Kekerasan

Berdasarkan kajian proses *hardening* pada  $900^{\circ}\text{C}$ , kemudian sebelum ditemper pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$  di*quenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa media pendingin air tawar meningkat dengan nilai kekerasan 203,32 HB, sedangkan media pendingin air laut meningkat signifikan dengan nilai kekerasan 312,52 HB, sedangkan bahan baku memiliki nilai kekerasan 189,37 HB namun, kekerasan media pendingin oli SAE 40 turun menjadi 123,92 HB. Hal ini sesuai dengan kesimpulan dari sebuah studi yang dilakukan oleh (Andik Kristanto, 2020). Media pendingin air laut digunakan untuk mengevaluasi kekerasan dengan nilai kekerasan terbesar.

## 4. Uji Keausan

Berdasarkan kajian proses *hardening* pada  $900^{\circ}\text{C}$ , kemudian sebelum ditemper pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$  di*quenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Media pendingin air tawar memiliki nilai keausan  $0,00044 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ , media pendingin air laut memiliki nilai keausan  $0,00041 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ , dan media pendingin oli SAE 40 memiliki



nilai keausan  $0,00052 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ , menurut pengujian ini. Ini menggunakan media pendingin air laut dengan nilai  $0,00041 \text{ mm}^3/\text{Kg}$  untuk uji keausan dengan nilai keausan terbesar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

Pengujian dan review data dan pembahasan proses *hardening* pada suhu 900<sup>0</sup>C kemudian didinginkan menggunakan variasi media pendingin air tawar, air laut, dan oli SAE 40 dan temper pada suhu 300<sup>0</sup>C dapat disimpulkan berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan pada tap dan snei *hand tools*.

1. Hasil uji tarik pada baja ST 41 dikeraskan pada suhu 900<sup>0</sup>C, kemudian sebelum ditemper pada suhu 300<sup>0</sup>C *diquenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari grafik pengujian tarik didapat hasil bahwa media pendingin air laut mengalami kenaikan yang awalnya *raw material* memiliki nilai kekuatan tarik 555,01 N/mm<sup>2</sup> menjadi 625,55 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada media pendingin air tawar dan oli SAE 40 mengalami penurunan, 416,16 N/ mm<sup>2</sup> untuk nilai kekuatan tarik air tawar, dan 387,08 N/ mm<sup>2</sup> untuk nilai kekuatan tarik oli SAE 40. Pengujian tarik dengan hasil kuat tarik terbesar menggunakan air laut sebagai media pendingin.
2. Hasil uji impak pada baja ST 41 dikeraskan pada suhu 900<sup>0</sup>C, kemudian sebelum ditemper pada suhu 300<sup>0</sup>C *diquenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari grafik pengujian impak didapat hasil dengan harga impak 0,225 J/mm<sup>2</sup>, media pendingin air laut mengalami penurunan dengan harga impak 0,351 J/mm<sup>2</sup>, dan untuk media pendingin oli SAE 40 mengalami penurunan dengan harga impak 1,437 J/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk *raw material* memiliki harga impak 1,527 J/mm<sup>2</sup>. Media pendingin oli SAE 40 untuk pengujian impak yang memiliki nilai terbesar.
3. Hasil uji kekerasan pada baja ST 41 dikeraskan pada suhu 900<sup>0</sup>C, kemudian sebelum ditemper pada suhu 300<sup>0</sup>C *diquenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari grafik pengujian kekerasan didapat hasil bahwa media pendingin air tawar mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan 203,32 HB dan media pendingin

air laut mengalami kenaikan yang tinggi dengan nilai kekerasan 312,52 HB, sedangkan untuk *raw material* memiliki nilai kekerasan 189,37 HB, namun pada media pendingin oli SAE 40 mengalami penurunan dengan nilai kekerasan 123,92 HB. Media pendingin air laut digunakan untuk mengevaluasi kekerasan dengan nilai kekerasan terbesar.

4. Hasil uji keausan pada baja ST 41 dikeraskan pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$ , kemudian sebelum ditemper pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$  di *quenching* menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air tawar, air laut, dan oli SAE 40. Dari grafik pengujian keausan didapat hasil bahwa media pendingin air tawar yaitu dengan nilai keausan  $0,00044 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ , media pendingin air laut  $0,00041 \text{ mm}^3/\text{Kg}$  dan media pendingin oli SAE 40  $0,00052 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ . Untuk pengujian keausan yang memiliki nilai keausan tertinggi yaitu menggunakan media pendingin air laut dengan nilai  $0,00041 \text{ mm}^3/\text{Kg}$ .

## B. SARAN

Masih terdapat beberapa kekurangan dalam penelitian ini yang perlu diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, penulis mengusulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, waktu penahanan dan temperatur yang digunakan pada proses *quenching* yang menggunakan air tawar, air laut, dan oli SAE 40 harus diperhitungkan. Kekuatan tarik, kekuatan impak, kekerasan, dan keausan akan bervariasi sesuai dengan suhu dan durasi penahanan.
2. Untuk hasil terbaik, studi lebih lanjut tentang *carburizing* diperlukan untuk meningkatkan kekerasan baja karbon rendah.
3. Area telah diratakan untuk prosedur media pendinginan.
4. Seperti air tawar dan oli SAE 40, tidak semua media pendinginan memberikan hasil terbaik.
5. Semoga pembuatan alat perkakas tangan tap dan snei dapat ditingkatkan untuk hasil yang lebih baik dan lebih efisien, yang akan bermanfaat bagi sektor bengkel manufaktur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, Amri, Agus Solehudin, and Hilman Nugraha. 2019. "Analisa Dampak Laju Korosi Terhadap Kekuatan Oven Wire Belt (Baja Karbon Aisi 1065)." *Teknologika* 9(2).
- Afandi, Yudha Kurniawan, Irfan Syarif Arief, and Amiadji. 2015. "Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating." *Jurnal Teknik Its* 4(1):1–5.
- Arifin, J., H. Purwanto, and I. Syafa'at. 2017. "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36." *Jurnal Momentum UNWAHAS* 13(1):114517. doi: 10.36499/jim.v13i1.1756.
- Ayu V, Fransisca Diah, and Sumiati Sumiati. 2020. "Desain Eksperimen Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Bahan St 41 Pada Proses Heat Treatment." *Juminten* 1(3):104–15. doi: 10.33005/juminten.v1i3.125.
- devit rivandi, mohammad arif irfai. 2013. "Meningkatkan Hasil Belajar Siswa X Tpm 1 Smkn 2 Surabaya." *Teknik Mesin* 02(02):45–54.
- Dwi Setyawan, Fatkur Rhohman, Am. Mufarrih. 2018. "Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Penggunaan Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Material ST-41." *Jurnal Mesin Nusantara* 1(1):10–18.
- Indra Kurniawan, Untung Budiarto, and Imam Pujo Mulyatno. 2019. "Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja St 60 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Tempering." *Jurnal Teknik Perkapalan* 7(4):313–22.
- Isworo, Hajar, Najib Rahman, Holding Time, Media Pendingin, and Nilai Kekerasan. 2020. "PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA ST 41 METODE HARDENING EFFECT OF VARIATIONS IN HEATING TEMPERATURE AND COOLING MEDIA ON THE HARDNESS AND MICROSTRUCTURE OF STEEL ST 41 HARDENING METHOD PE." 5(1):37–50. doi:

10.20527/sjme kinematika.v5i1.136.

- Karet, Pisau. 2016. "PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT KEKERASAN PISAU PENYAYAT BATANG KARET Zulkarnain Fatoni \*)." *Desiminasi Teknologi* 4:56–63.
- Mersilia, Anggun, Pulung Karo Karo, and Iman Supriyatna. 2016. "Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135." 4(02):175–80.
- Nofri, Media, and Taryana Acang. 2017. "Analisis Sifat Mekanika Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur." *Bina Teknika* 13(2):189–99.
- Noor, Eddy, Muhammad Irfan Nofa, and A. C. Arya. 2016. "Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Yogyakarta, 26 November 2016 ISSN : 1979 – 911X EISSN : 2541 – 528X." *Jurnal SNAST* (November):383–91.
- Periyanto. 2016. "Analisa Pengaruh Media Perlakuan Panas Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang." *Jurnal Teknik Mesin* 4(1):1–34.
- Pustaka, Kajian. 2008. "Peningkatan Kapasitas Pelepasan Logam Pembubutan Pada Pahat Yang Diperlakukan." 377–86.
- Ridha, Nikmatur. 2017. "Proses Penelitian, Masalah, Variabel, Dan Paradigma Penelitian." *Jurnal Hikmah* 14(1):62–70.
- Sabarudin, Suriasnyah, Agus Suyatno, Dadang Hermawan, Universitas Widyagama, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Fakultas Teknik, and Universitas Widyagama. 2018. "PENINGKATAN KEKERASAN FCD – 50 DENGAN PROSES AUSTEMPER , CRYOGENIC AND TEMPER DUCTILE IRON ( ACTDI )." (September):563–72.
- Setyadi, Iwan, and M. Syawal. 2015. "Optimas Proses Annealing Pada Proses Fine Drawing Untuk Memperbaiki Sifat Mekanis Produk Kawat Tembaga." *Jurnal Sains Materi Indonesia* 16(4):164–72.
- Submitted, Time, Submission Id, Word Count, and Character Count. 2020.

“Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Temperatur Pada Perlakuan Panas Baja St-41 Terhadap Sifat Mekanik.”

Suhardiman, and Mukmin Syaputra. 2017. “Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi Dan Tempurung Kelapa.” *Jurnal Invotek Polbeng* 07(2):210–14.

Willson F. Tambunan, Untung Budiarto, Ari Wibawa Budi Santosa. 2019. “Jurnal Teknik Perkapalan.” *Teknik Perkapalan* 7(2):138–44.

Yunus, Muhamad. 2019. “PENGARUH PERLAKUAN PANAS QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN OLI TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON S30C.” *Teknik Mesin* 7(1):46–51.

## LAMPIRAN – LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PENGUJIAN TARIK

Tabel Rata-Rata Nilai Hasil Pengujian Tarik

Variasi Quenching	Rata-Rata $A_0(\text{mm}^2)$	Rata-Rata $\sigma (\text{N/mm}^2)$
Raw Material	80,01	560,46
Quenching Air Tawar	78,13	416,38
Quenching Air Laut	77,66	625,90
Quenching Oli SAE 40	77,83	397,28

Untuk mencari nilai kekuatan tarik didapat rumus dibawah ini :

$$\text{Kekuatan Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula – Mula}} \text{ atau } \sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Keterangan :  $\sigma$  = Kekuatan Tarik ( $\text{N/mm}^2$ )

$P_{max}$  = Beban Maksimum (kN)

$A_0$  = Luas penampang mula-mula ( $\text{mm}^2$ )

#### 1. Uji Tarik Raw Material

##### a. Kode Sampel 04.1

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\ &= \frac{3,14}{4} 9,96^2 \\ &= 77,87 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tarik} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}} \\ \sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{40.840 (\text{N})}{77,87 (\text{mm}^2)} \\ &= 524,46 (\text{N/mm}^2) \end{aligned}$$

##### b. Kode Sampel 04.2

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 10,23^2$$

$$= 82,15 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{49.000 \text{ (N)}}{82,15 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$= 596,46 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

## 2. Uji Tarik *Quenching* Air Tawar

### a. Kode Sampel 04.9

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 9,9^2$$

$$= 76,93 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{31.310 \text{ (N)}}{76,93 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$= 406,99 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

### b. Kode Sampel 04.10

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 10,10^2$$

$$= 80,07 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{33.750 \text{ (N)}}{80,07 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 421,50 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

**c. Kode Sampel 04.11**

$$\begin{aligned}
A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\
&= \frac{3,14}{4} 9,93^2 \\
&= 77,40 \text{ (mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\
&= \frac{32.560 \text{ (N)}}{77,40 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 420,67 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

**3. Uji Tarik *Quenching* Air Laut**

**a. Kode Sampel 04.6**

$$\begin{aligned}
A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\
&= \frac{3,14}{4} 9,83^2 \\
&= 75,85 \text{ (mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\
&= \frac{51.310 \text{ (N)}}{75,85 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 676,46 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

**b. Kode Sampel 04.7**

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 10,02^2$$

$$= 78,81 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{40.660 \text{ (N)}}{78,81 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$= 515,92 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

**c. Kode Sampel 04.8**

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 9,99^2$$

$$= 78,34 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{53.690 \text{ (N)}}{78,34 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$= 685,34 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

**4. Uji Tarik *Quenching* Oli SAE 40**

**a. Kode Sampel 04.3**

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 9,83^2$$

$$= 75,85 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{30.060 \text{ (N)}}{75,85 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 396,30 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

**b. Kode Sampel 04.4**

$$\begin{aligned}
A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\
&= \frac{3,14}{4} 10,15^2 \\
&= 80,87 \text{ (mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\
&= \frac{31.780 \text{ (N)}}{80,87 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 392,97 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

**c. Kode Sampel 04.5**

$$\begin{aligned}
A_0 &= \frac{\pi}{4} D_0^2 \\
&= \frac{3,14}{4} 9,89^2 \\
&= 76,78 \text{ (mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang Mula-Mula}}$$

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\
&= \frac{30.910 \text{ (N)}}{76,78 \text{ (mm}^2\text{)}} \\
&= 402,57 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

## LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN PENGUJIAN IMPAK

Tabel Rata-Rata Nilai Hasil Pengujian Impak

Spesimen	Rata-Rata $A_0$ (mm <sup>2</sup> )	Rata Rata E (J)	Rata-Rata HI (J/cm <sup>2</sup> )
Raw Material	85,33	130,74	1,527
<i>Quenching</i> Air Tawar	84	18,95	0,225
<i>Quenching</i> Air Laut	85,67	30,01	0,351
<i>Quenching</i> Oli SAE 40	84	120,99	1,437

Untuk mencari nilai hasil pengujian Impak didapat rumus dibawah ini :

$$HI = \frac{E}{A} \text{ atau } HI = \frac{G \times R (\cos \beta - \cos \alpha)}{b \times h}$$

Keterangan :

G = Berat Pendulum (390,63 N)

R = Panjang Pendulum (0,72 m)

$\beta$  = Sudur Akhir Setelah Pengujian (<sup>0</sup>)

$\alpha$  = Sudur Awal Sebelum Pengujian (<sup>0</sup>)

E = Energi yang diserap untuk mematahkan spesimen

A = Luas Penampang Spesimen

### 1. Raw Material

#### a. Kode Sampel 02.1

$$\begin{aligned} E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 390,63 \times 0,72 (\cos 117 - \cos 140) \\ &= 281,25 (0,31205) \\ &= 87,77 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 10 \times 8,4 \\ &= 84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= \frac{87,77}{84} \\ &= 1,044 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

#### b. Kode Sampel 02.2

$$\begin{aligned} E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 390,63 \times 0,72 (\cos 105 - \cos 140) \end{aligned}$$

$$= 281,25 (0,50723)$$

$$= 142,66 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,5$$

$$= 85 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{142,66}{85}$$

$$= 1,678 \text{ J/mm}^2$$

**c. Kode Sampel 02.3**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 101 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,57524)$$

$$= 161,79 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,7$$

$$= 87 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{161,79}{87}$$

$$= 1,859 \text{ J/mm}^2$$

**2. Uji Impak *Quenching* Air Tawar**

**a. Kode Sampel 02.7**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 133 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,08405)$$

$$= 23,64 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,5$$

$$= 85 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{23,64}{85}$$

$$= 0,278 \text{ J/mm}^2$$

**b. Kode Sampel 02.8**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 134 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,07139)$$

$$= 20,08 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,2$$

$$= 82 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{20,08}{82}$$

$$= 0,244 \text{ J/mm}^2$$

**c. Kode Sampel 02.9**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 136 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,04671)$$

$$= 13,14 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,5$$

$$= 85 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{13,14}{85}$$

$$= 0,154 \text{ J/mm}^2$$

**3. Uji Impak *Quenching* Air Laut**

**a. Kode Sampel 02.4**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 132 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,09691)$$

$$= 27,26 \text{ J}$$

$$A = 10,1 \times 8,4$$

$$= 84,84 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{27,26}{84,84}$$

$$= 0,321 \text{ J/mm}^2$$

**b. Kode Sampel 02.5**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 127 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,16423)$$

$$= 46,19 \text{ J}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 9,9 \times 8,6 \\
 &= 85,14 \text{ mm}^2 \\
 HI &= \frac{46,19}{85,14} \\
 &= 0,542 \text{ J/mm}^2
 \end{aligned}$$

**c. Kode Sampel 02.6**

$$\begin{aligned}
 E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 390,63 \times 0,72 (\cos 135 - \cos 140) \\
 &= 281,25 (0,05894) \\
 &= 16,58 \text{ J} \\
 A &= 10 \times 8,7 \\
 &= 87 \text{ mm}^2 \\
 HI &= \frac{16,58}{87} \\
 &= 0,190 \text{ J/mm}^2
 \end{aligned}$$

**4. Uji Impak *Quenching* Air Oli SAE 40**

**a. Kode Sampel 02.10**

$$\begin{aligned}
 E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 390,63 \times 0,72 (\cos 110 - \cos 140) \\
 &= 281,25 (0,42402) \\
 &= 119,26 \text{ J} \\
 A &= 10 \times 8,5 \\
 &= 85 \text{ mm}^2 \\
 HI &= \frac{119,26}{85} \\
 &= 1,403 \text{ J/mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Kode Sampel 02.11**

$$\begin{aligned}
 E &= GR (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 390,63 \times 0,72 (\cos 114 - \cos 140) \\
 &= 281,25 (0,35931) \\
 &= 101,06 \text{ J} \\
 A &= 10 \times 8,2
 \end{aligned}$$

$$= 82 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{101,06}{82}$$

$$= 1,232 \text{ J/mm}^2$$

**c. Kode Sampel 02.12**

$$E = GR (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 390,63 \times 0,72 (\cos 105 - \cos 140)$$

$$= 281,25 (0,50723)$$

$$= 142,66 \text{ J}$$

$$A = 10 \times 8,5$$

$$= 85 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{142,66}{85}$$

$$= 1,678 \text{ J/mm}^2$$

**LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN PENGUJIAN KEKERASAN *BRINELL***

Tabel Rata-Rata Nilai Hasil Pengujian Kekerasan

Variasi Quenching	Rata-Rata Nilai Hasil Uji Kekerasan
Raw Material	184,40 HB
<i>Quenching</i> Air Tawar	197,11 HB
<i>Quenching</i> Air Laut	308,85 HB
<i>Quenching</i> Oli SAE 40	40,87 HB

Untuk mencari nilai kekerasan *brinell* didapat rumus dibawah ini :

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan :

HB = Harga kekerasan brinell

F = Beban penekanan (N) 1840 N = 187,62 Kgf

D = Diameter bola (mm) 2,5 mm

d = Diameter jejak/lekukan (mm)



## 1. Raw Material

### a. Kode Sampel Uji 04 Titik 1

$$194,99 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$194,99 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.826,67 - 1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.826,67$$

$$-1.530,67 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -3.451,43$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-3.451,43}{1.530,67}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,25$$

$$(6,25 - d^2) = -2,25^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,06$$

$$(-d^2) = 5,06 - 6,25$$

$$d^2 = 1,19$$

$$d = \sqrt{1,19}$$

$$d = 1,09 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,09^2})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,18})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,07})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,25)}$$

$$= \frac{375,24}{1,96}$$

$$= 191,44 \text{ HB}$$

**b. Kode Sampel Uji 04 Titik 2**

$$189,29 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$189,29 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.714,81 - 1.485,92 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.485,92 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.714,81$$

$$-1.485,92 (\sqrt{6,25 - d^2}) = - 3.339,57$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{- 3.339,57}{1.485,92}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,24$$

$$(6,25 - d^2) = -2,24^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,01$$

$$(-d^2) = 5,01 - 6,25$$

$$d^2 = 1,24$$

$$d = \sqrt{1,24}$$

$$d = 1,11 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,11^2})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,23})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,02})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,24)}$$

$$= \frac{375,24}{2,04}$$

$$= 183,94 \text{ HB}$$

**c. Kode Sampel Uji 04 Titik 3**

$$183,82 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$183,82 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.607,46 - 1.442,98 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.442,98 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.607,46$$

$$-1.442,98 (\sqrt{6,25 - d^2}) = - 3.232,22$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{- 3.232,22}{1.442,98}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,23$$

$$(6,25 - d^2) = -2,23^2$$

$$(6,25 - d^2) = 4,97$$

$$(-d^2) = 4,97 - 6,25$$

$$d^2 = 1,28$$

$$d = \sqrt{1,28}$$

$$d = 1,13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,13^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,27})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{4,98})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,23)} \\ &= \frac{375,24}{2,11} \\ &= 177,83 \text{ HB} \end{aligned}$$

## 2. Kekerasan *Quenching* Air Tawar

### a. Kode Sampel Uji 04.4 Titik 1

$$197,38 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$197,38 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.873,58 - 1.549,43 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.549,43 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.873,58$$

$$-1.549,43 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -3.498,34$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-3.498,34}{1.549,43}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,25$$

$$(6,25 - d^2) = -2,25^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,06$$

$$(-d^2) = 5,06 - 6,25$$

$$d^2 = 1,19$$

$$d = \sqrt{1,19}$$

$$d = 1,09 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,09^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,18})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,07})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,25)} \\ &= \frac{375,24}{1,96} \end{aligned}$$

$$= 191,44 \text{ HB}$$

**b. Kode Sampel Uji 04.4 Titik 2**

$$196,18 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$196,18 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$3.850,03 - 1.540,01 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.540,01 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 3.850,03$$

$$-1.540,01 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -3.474,79$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-3.474,79}{1.540,01}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,25$$

$$(6,25 - d^2) = -2,25^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,06$$

$$(-d^2) = 5,06 - 6,25$$

$$d^2 = 1,19$$

$$d = \sqrt{1,19}$$

$$d = 1,09 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,09^2})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,18})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,07})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,25)}$$

$$= \frac{375,24}{1,96}$$

$$= 191,44 \text{ HB}$$

**c. Kode Sampel Uji 04.4 Titik 3**

$$216,41 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$216,41 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$4.247,04 - 1.698,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-1.698,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 4.247,04$$

$$-1.698,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -3.871,8$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-3.871,8}{1.698,81}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,27$$

$$(6,25 - d^2) = -2,27^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,15$$

$$(-d^2) = 5,15 - 6,25$$

$$d^2 = 1,1$$

$$d = \sqrt{1,1}$$

$$d = 1,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,04^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,08})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,17})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,27)} \\ &= \frac{375,24}{1,80} \\ &= 208,46 \text{ HB} \end{aligned}$$

### 3. Kekerasan *Quenching* Air Laut

#### a. Kode Sampel 04.3 Titik 1

$$346,60 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$346,60 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$6.802,02 - 2.720,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-2.720,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 6.802,02$$

$$-2.720,81 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -6.426,78$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-6.426,78}{2.720,81}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,36$$

$$(6,25 - d^2) = -2,36^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,56$$

$$(-d^2) = 5,56 - 6,25$$

$$d^2 = 0,69$$

$$d = \sqrt{0,69}$$

$$d = 0,83 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,83^2})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 0,68})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,57})}$$

$$= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,36)}$$

$$= \frac{375,24}{1,09}$$

$$= 344,25 \text{ HB}$$

**b. Kode Sampel 04.3 Titik 2**

$$290,19 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$290,19 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$5.694,97 - 2.277,99 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-2.277,99 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 5.694,97$$

$$-2.277,99 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -5.319,73$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-5.319,73}{2.277,99}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,33$$

$$(6,25 - d^2) = -2,33^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,42$$

$$(-d^2) = 5,42 - 6,25$$

$$d^2 = 0,83$$

$$d = \sqrt{0,83}$$

$$d = 0,91 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,91^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 0,82})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,43})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,33)} \\ &= \frac{375,24}{1,33} \\ &= 282,13 \text{ HB} \end{aligned}$$



**c. Kode Sampel 04.3 Titik 3**

$$300,76 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$300,76 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$5.902,41 - 2.360,96 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-2.360,96 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 5.902,41$$

$$-2.360,96 (\sqrt{6,25 - d^2}) = - 5.527,17$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{- 5.527,17}{2.360,96}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,34$$

$$(6,25 - d^2) = -2,34^2$$

$$(6,25 - d^2) = 5,47$$

$$(-d^2) = 5,47 - 6,25$$

$$d^2 = 0,78$$

$$d = \sqrt{0,78}$$

$$d = 0,88 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,88^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 0,77})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{5,48})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,34)} \\ &= \frac{375,24}{1,25} \\ &= 300,19 \text{ HB} \end{aligned}$$

#### 4. Kekerasan *Quenching* Oli SAE 40

##### a. Kode Sampel 04.2 Titik 1

$$124,54 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$124,54 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$2.444,09 - 977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 2.444,09$$

$$-977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -2.068,85$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-2.068,85}{977,63}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,11$$

$$(6,25 - d^2) = -2,11^2$$

$$(6,25 - d^2) = 4,45$$

$$(-d^2) = 4,45 - 6,25$$

$$d^2 = 1,8$$

$$d = \sqrt{1,8}$$

$$d = 1,34 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,34^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,79})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{4,46})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,11)} \\ &= \frac{375,24}{3,06} \\ &= 122,62 \text{ HB} \end{aligned}$$

**b. Kode Sampel 04.2 Titik 2**

$$122,68 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$122,68 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$2.407,59 - 963,03 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-963,03 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 2.407,59$$

$$-963,03 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -2.032,35$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-2.032,35}{963,03}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,11$$

$$(6,25 - d^2) = -2,11^2$$

$$(6,25 - d^2) = 4,45$$

$$(-d^2) = 4,45 - 6,25$$

$$d^2 = 1,8$$

$$d = \sqrt{1,8}$$

$$d = 1,34 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,34^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,79})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{4,46})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,11)} \\ &= \frac{375,24}{3,06} \\ &= 122,62 \text{ HB} \end{aligned}$$

**c. Kode Sampel 04.2 Titik 3**

$$124,54 = \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2})}$$

$$124,54 = \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - d^2})}$$

$$2.444,09 - 977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24$$

$$-977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = 375,24 - 2.444,09$$

$$-977,63 (\sqrt{6,25 - d^2}) = -2.068,85$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = \frac{-2.068,85}{977,63}$$

$$(\sqrt{6,25 - d^2}) = -2,11$$

$$(6,25 - d^2) = -2,11^2$$

$$(6,25 - d^2) = 4,45$$

$$(-d^2) = 4,45 - 6,25$$

$$d^2 = 1,8$$

$$d = \sqrt{1,8}$$

$$d = 1,34 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} HB &= \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\ &= \frac{2 \times 187,62}{3,14 \times 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,34^2})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{6,25 - 1,79})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - \sqrt{4,46})} \\ &= \frac{375,24}{7,85 (2,5 - 2,11)} \\ &= \frac{375,24}{3,06} \\ &= 122,62 \text{ HB} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN PENGUJIAN KEAUSAN

Tabel Rata-Rata Nilai Hasil Pengujian Keausan

Variasi Quenching	Rata-Rata Nilai Hasil Uji Keausan
<i>Quenching</i> Air Tawar	0,00044 mm <sup>3</sup> /Kg
<i>Quenching</i> Air Laut	0,00041 mm <sup>3</sup> /Kg
<i>Quenching</i> Oli SAE 40	0,00052 mm <sup>3</sup> /Kg

Untuk mencari l nilai hasil kekuatan keausan didapat rumus dibawah ini :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o}$$

Keterangan :

W = Volume Material yang terabrasi

B = Tebal disc benda uji (mm)

r = Jari-jari disc benda uji (mm)

b<sup>3</sup> = Lebar material yang terabrasi

Ws = Harga Keausan Spesifik (mm<sup>3</sup>/Kg)

P = Beban Pengujian = 6,36 Kg

L<sub>o</sub> = Jarak Pengausan = 15 m

### 1. Keausan *Quenching* Air Tawar\_1

#### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{5,247}{163,2} \\ &= 0,03215 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,36 \cdot 15} \end{aligned}$$

$$= \frac{5,247}{15569,28}$$

$$= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}$$

**b. Titik Uji 2**

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{5,247}{163,2}$$

$$= 0,03215 \text{ mm}^3$$

$$Ws = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot Lo}$$

$$= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15}$$

$$= \frac{5,247}{15569,28}$$

$$= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}$$

**c. Titik Uji 3**

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45.1,12^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{4,847}{163,2}$$

$$= 0,02970 \text{ mm}^3$$

$$Ws = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot Lo}$$

$$= \frac{3,45.1,12^3}{12.13,6.6,36.15}$$

$$= \frac{4,847}{15569,28}$$

$$= 0,000311 \text{ mm}^3/\text{Kg}$$

## 2. Keausan *Quenching* Air Tawar\_2

### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{3,993}{163,2} \\ &= 0,02447 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{3,993}{15569,28} \\ &= 0,000256 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{3,993}{163,2} \\ &= 0,02447 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{3,993}{15569,28} \\ &= 0,000256 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### c. Titik Uji 3

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6} \\
&= \frac{4,591}{163,2} \\
&= 0,02814 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{4,591}{15569,28} \\
&= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

### 3. Keausan *Quenching* Air Tawar\_3

#### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6} \\
&= \frac{4,591}{163,2} \\
&= 0,02814 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{4,591}{15569,28} \\
&= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

#### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6} \\
&= \frac{4,591}{163,2}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= 0,02814 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,10^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\
&= \frac{4,591}{15569,28} \\
&= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**c. Titik Uji 3**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6} \\
&= \frac{3,993}{163,2} \\
&= 0,02447 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\
&= \frac{3,993}{15569,28} \\
&= 0,000256 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**4. Keausan *Quenching* Air Laut\_1**

**a. Titik Uji 1**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,05^3}{12 \cdot 13,6} \\
&= \frac{3,993}{163,2} \\
&= 0,02447 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,45.1,05^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{3,993}{15569,28} \\
&= 0,000256 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**b. Titik Uji 2**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**c. Titik Uji 3**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

## 5. Keausan *Quenching* Air Laut\_2

### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{5,247}{163,2} \\ &= 0,03215 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{5,247}{15569,28} \\ &= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 0,95^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{2,957}{163,2} \\ &= 0,01812 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 0,95^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{2,957}{15569,28} \\ &= 0,000189 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### c. Titik Uji 3

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,45.0,96^3}{12.13,6} \\
&= \frac{3,052}{163,2} \\
&= 0,01870 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.0,96^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{3,052}{15569,28} \\
&= 0,000196 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

## 6. Keausan *Quenching* Air Laut\_3

### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6} \\
&= \frac{4,591}{163,2} \\
&= 0,02814 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{4,591}{15569,28} \\
&= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,10^3}{12.13,6} \\
&= \frac{4,591}{163,2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,02814 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,10^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\
&= \frac{4,591}{15569,28} \\
&= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**c. Titik Uji 3**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
&= \frac{3,45 \cdot 0,95^3}{12 \cdot 13,6} \\
&= \frac{2,957}{163,2} \\
&= 0,01812 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\
&= \frac{3,45 \cdot 0,95^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\
&= \frac{2,957}{15569,28} \\
&= 0,000189 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**7. Keausan *Quenching* Air Oli SAE 40\_1**

**a. Titik Uji 1**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,20^3}{12 \cdot 13,6} \\
&= \frac{5,961}{163,2} \\
&= 0,03653 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,45.1,20^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,961}{15.569,28} \\
&= 0,000382 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**b. Titik Uji 2**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**c. Titik Uji 3**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

## 8. Keausan *Quenching* Oli SAE 40\_2

### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,10^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{4,591}{163,2} \\ &= 0,02814 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,10^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{4,591}{15569,28} \\ &= 0,000294 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned} W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6} \\ &= \frac{5,247}{163,2} \\ &= 0,03215 \text{ mm}^3 \\ W_s &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot L_o} \\ &= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,6 \cdot 36,15} \\ &= \frac{5,247}{15569,28} \\ &= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

### c. Titik Uji 3

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,15^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

## 9. Keausan *Quenching* Oli SAE 40\_3

### a. Titik Uji 1

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,20^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,961}{163,2} \\
&= 0,03653 \text{ mm}^3 \\
W_s &= \frac{B.b^3}{12.r.P.Lo} \\
&= \frac{3,45.1,20^3}{12.13,6.6,36.15} \\
&= \frac{5,961}{15.569,28} \\
&= 0,000382 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

### b. Titik Uji 2

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
&= \frac{3,45.1,20^3}{12.13,6} \\
&= \frac{5,961}{163,2}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= 0,03653 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot Lo} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,20^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,36 \cdot 15} \\
&= \frac{5,961}{15.569,28} \\
&= 0,000382 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

**c. Titik Uji 3**

$$\begin{aligned}
W &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6} \\
&= \frac{5,247}{163,2} \\
&= 0,03215 \text{ mm}^3 \\
Ws &= \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot P \cdot Lo} \\
&= \frac{3,45 \cdot 1,15^3}{12 \cdot 13,6 \cdot 6,36 \cdot 15} \\
&= \frac{5,247}{15569,28} \\
&= 0,000337 \text{ mm}^3/\text{Kg}
\end{aligned}$$

## LAMPIRAN 5 FOTO KEGIATAN



Bahan pembuatan spesimen



Proses pemotongan spesimen



Spesimen Uji Tarik, Uji Impak  
& Uji Kekerasan



Tungku Pemanas



Mesin Uji Komposisi



Mesin Uji Tarik



Mesin Uji Impak



Mesin Uji Kekerasan



Proses Hardening 900°C



Proses *Quenching* Air Tawar  
Air Laut dan Oli SAE 40



Hasil *Quenching* Air Tawar  
Air Laut dan Oli SAE 40



Proses Tempering 300°C



Spesimen Hasil Pengujian Tarik,  
Impak & Keras *Raw Material*



Spesimen Hasil Pengujian Tarik,  
Impak & Keras *quenching* Air Tawar



Spesimen Hasil Pengujian Tarik,  
Impak & Keras *quenching* Air Laut



Spesimen Hasil Pengujian Tarik,  
Impak & Keras *quenching* Oli SAE 40





Spesimen Hasil Pengujian Keausan  
Quenching Air Tawar, Air Laut & Oli



Hasil Akhir Produk yang dituju



Proses pembuatan ulir luar  
menggunakan Snei



Proses pembuatan ulir dalam  
menggunakan tap



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA**

Laporan No. : 11/2020.417/S/94  
Pemakai Jasa : RIFQI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 23 °C  
Tgl. Terima : 6 November 2020  
Tgl. Pengujian : 6 November 2020

Benda Uji : Sesuai Produk  
Objek uji : Stang Tap  
Metode Uji : ASTM E 415 - 15  
Mesin Uji : Spectrotest TXC03  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

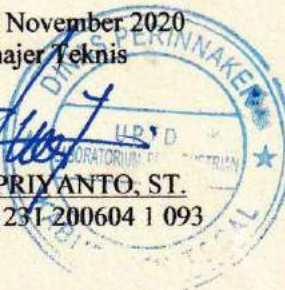
**HASIL UJI :**

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,20	0,20	0,20
Si	0,16	0,17	0,16
Mn	0,45	0,44	0,45
P	0,03	0,04	0,03
S	0,02	0,02	0,02
Cr	0,02	0,02	0,02
Mo	0,01	0,01	0,01
Ni <sup>*)</sup>	0,02	0,02	0,02
Cu	0,03	0,03	0,03
Fe	98,9	98,8	98,8

\*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 10 November 2020  
Manajer Teknis

  
**EKO SUPRIYANTO, ST.**  
NIP. 19741231-200604 1 093



PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal



# UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN KAB. TEGAL

Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Method Version	Operator Name	Correction Type	Type Corr Sample Name
94, Slang Tap (Fe)11/2020.417/S/94	Unknown	06-Nov-20 8:29:38 AM	06-Nov-20 8:30:37 AM	Measured	Fe-10-MO		Spectro	None	
Check Type	Check Status	Grade Verification Name		Grade Verification Similarity		Grade Search Name		Grade Search Similarity	
None	NotUsed			0%				0 %	
Sample Name	Sample ID	Grade ID	Customer Name						
94, Slang Tap (Fe)			11/2020.417/S/94						

## Elements

Meas.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
2	0.20	0.16	0.45	0.032	0.024	0.022	0.007	0.015	0.012	0.010
<>	0.20	0.17	0.44	0.036	0.024	0.022	0.007	0.017	0.013	0.009
Mean	0.20	0.16	0.45	0.034	0.024	0.022	0.007	0.016	0.012	0.010

Meas.	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	Zr	Ca
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
2	0.029	<0.003	0.003	<0.002	0.051	0.023	0.013	0.032	<0.003	0.002
<>	0.028	<0.003	0.004	<0.002	0.068	0.022	0.014	0.035	<0.003	0.001
Mean	0.028	<0.004	0.004	<0.0005	0.059	0.022	0.014	0.033	<0.003	0.002

Meas.	Ce	B	Zn	La	Fe
%	%	%	%	%	%
1	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
2	0.026	0.003	0.016	0.005	98.9
<>	0.023	0.003	0.026	0.005	98.8
Mean	0.025	0.003	0.021	0.005	98.8





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437

Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA**

Laporan No. : 02/2021.47/S/11.1 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI Objek uji : **Baja ST 41 Raw Material**  
Alamat : Universitas Pancasakti Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15  
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03  
Tgl. Terima : 1 Februari 2021 Jml. Specimen : 1 Pc  
Tgl. Pengujian : 1 Februari 2021 Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

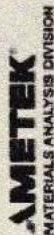
Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,14	0,13	0,14
Si	0,15	0,15	0,15
Mn	0,42	0,41	0,41
P	0,06	0,05	0,05
S	0,03	0,03	0,03
Cr	0,02	0,02	0,02
Mo	0,00	0,00	0,00
Ni*)	0,01	0,01	0,01
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,8	98,8	98,8

\*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 2 Februari 2021  
Manajer Teknis  
  
**EKO SUPRIYANTO, ST.**  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal





UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN KAB. TEGAL



Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Method Version	Operator Name	Correction Type	Type Corr Sample Name		
11.1. Raw Material ST 41/02/2021 47/S/11.1	Unknown	01-Feb-21 2:28:51 PM	01-Feb-21 2:27:30 PM	Measured	Fe-10-MO			Note			
Check Type	Check Status	Grade Verification Name			Grade Verification Similarity			Grade Search Name			
None	Not Used				0 %			Grade Search Similarity			
								0 %			
Sample Name	Sample ID	Grade ID	Customer Name								
11.1. Raw Material ST 41			02/2021 47/S/11.1								

Elements Conc.

Meas.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.14	0.15	0.42	0.055	0.030	0.020	<0.003	0.013	0.014	0.014
2	0.13	0.15	0.41	0.053	0.031	0.025	<0.003	0.011	0.013	0.014
<x>	0.14	0.15	0.41	0.054	0.031	0.022	<0.003	0.012	0.013	0.014
Mean	0.14	0.15	0.41	0.054	0.031	0.022	<0.002	0.012	0.013	0.014

Meas.	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	Zr	Ca
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.037	0.004	<0.0010	<0.002	0.13	0.020	0.030	0.057	<0.003	0.004
2	0.037	0.003	0.003	<0.002	0.11	0.021	0.031	0.060	<0.003	0.006
<x>	0.037	0.004	0.002	<0.002	0.12	0.021	0.031	0.058	<0.003	0.006
Mean	0.037	0.004	0.002	<0.001	0.12	0.021	0.031	0.058	<0.0010	0.006

Meas.	Ce	B	Zn	La	Fe
	%	%	%	%	%
1	0.041	0.006	0.024	0.008	98.8
2	0.047	0.007	0.026	0.011	98.8
<x>	0.044	0.006	0.025	0.010	98.8
Mean	0.044	0.006	0.025	0.010	98.8





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA**

Laporan No. : 02/2021.47/S/11.2 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI Objek uji : Baja ST 41 Raw Quenching Air Laut  
Alamat : Universitas Pancasakti Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15  
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03  
Tgl. Terima : 1 Februari 2021 Jml. Specimen : 1 Pc  
Tgl. Pengujian : 1 Februari 2021 Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
C	0,15	0,13	0,14
Si	0,15	0,13	0,14
Mn	0,42	0,41	0,42
P	0,06	0,06	0,06
S	0,03	0,04	0,03
Cr	0,06	0,03	0,04
Mo	0,02	0,00	0,01
Ni*)	0,02	0,01	0,01
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,7	98,8	98,8

\*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 2 Februari 2021  
Manajer Teknis  
  
EKO SUPRIYANTO, ST.  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak dipertanggungjawabkan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal





UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN KAB. TEGAL



Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Method Version	Operation Name	Correction Type	Type Corr Sample Name					
11.2. ST 41 Quenching Air Laut - Metode Fe 10/02/2021 17:47/S/11.2	Unknown	01-Feb-21 2:30:28 PM	01-Feb-21 2:33:10 PM	Measured	Fe-10-MO		Spectro	None						
Check Type	Check Status	Grade Verification Name			Grade Verification Similarity			Grade Search Similarity						
None	Not Used				0 %			0 %						
Sample Name	Sample ID	Grade ID	Customer Name											
11.2. ST 41 Quenching Air Laut - Metode Fe 10			02/2021.47/S/11.2											

Elements

Conc.

Meas	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.15	0.15	0.42	0.061	0.030	0.059	0.015	0.016	0.006	0.025
2	0.13	0.14	0.41	0.064	0.035	0.026	0.003	0.012	0.007	0.009
<x>	0.14	0.15	0.42	0.063	0.033	0.042	0.009	0.014	0.007	0.017
Mean	0.14	0.15	0.42	0.063	0.033	0.042	0.009	0.014	0.007	0.017

Meas	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	Zr	Ca
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.037	0.005	0.002	0.008	0.095	0.014	0.033	0.056	<0.003	0.005
2	0.036	0.006	0.001	0.003	0.10	0.015	0.036	0.054	<0.003	0.004
<x>	0.037	0.006	0.001	0.006	0.099	0.015	0.035	0.055	<0.003	0.005
Mean	0.037	0.006	0.001	0.006	0.099	0.015	0.035	0.055	<0.0004	0.005

Meas	Ce	B	Zn	La	Fe
	%	%	%	%	%
1	0.037	0.006	0.021	0.007	96.7
2	0.036	0.006	0.020	0.006	96.8
<x>	0.036	0.006	0.020	0.007	96.8
Mean	0.036	0.006	0.020	0.007	96.8





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 12 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 12 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Raw Material)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 2 Pcs  
Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.1	Diameter	mm	9,96
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	40,84
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	524,22
		Beban Luluh	kN	38,38
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	492,54
		Panjang ukur akhir	mm	-
		Regangan	%	-
		Keterangan	-	Putus diluar gauge length
2.	04.2	Diameter	mm	10,23
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	49,00
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	585,80
		Beban Luluh	kN	46,62
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	557,40
		Panjang ukur akhir	mm	-
		Regangan	%	-
		Keterangan	-	Putus diluar gauge length



Tegal, 13 Januari 2021  
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST.

NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal



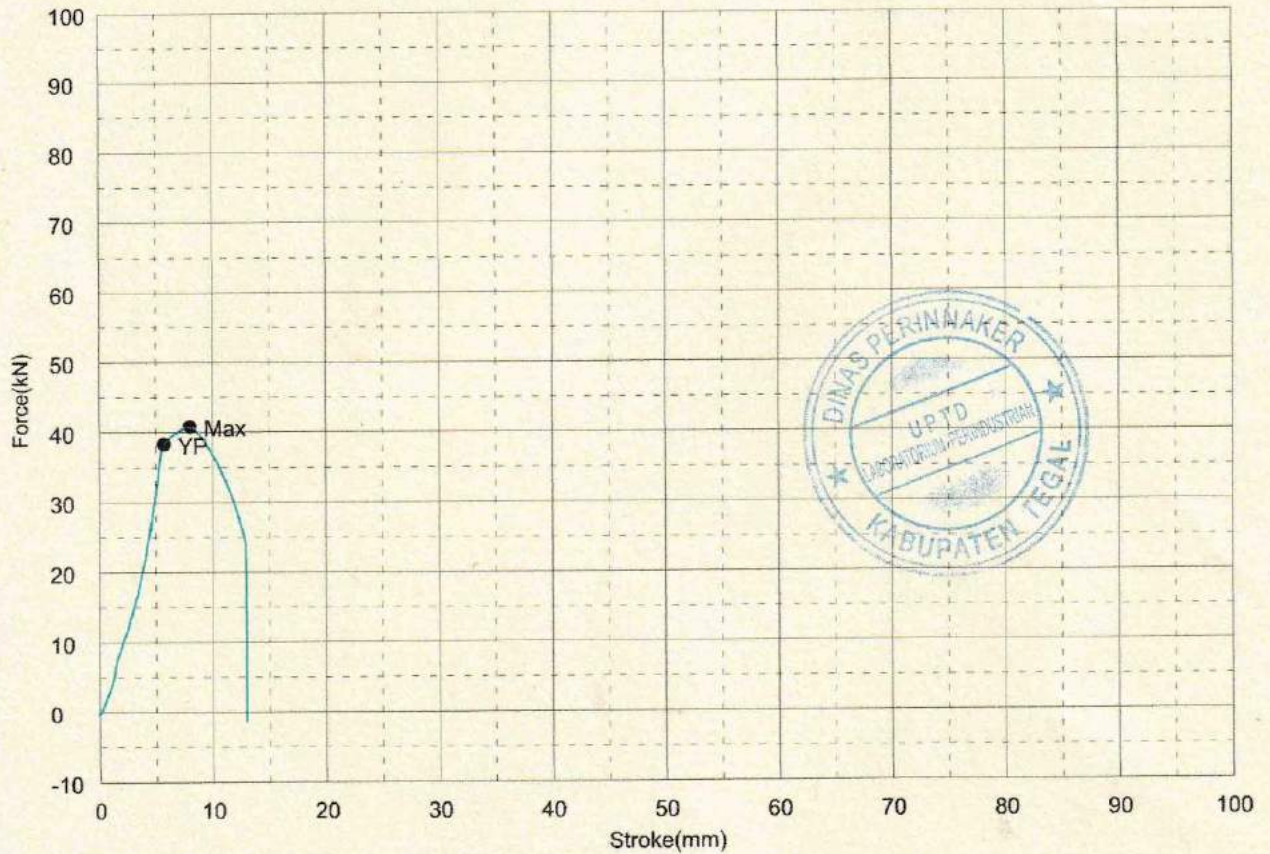
Date : 2021/01/12

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,9600	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	40,8438	524,224	38,3750	492,538

04.1



Comment

Customer : 01/2021.21/UTM/04

Ch



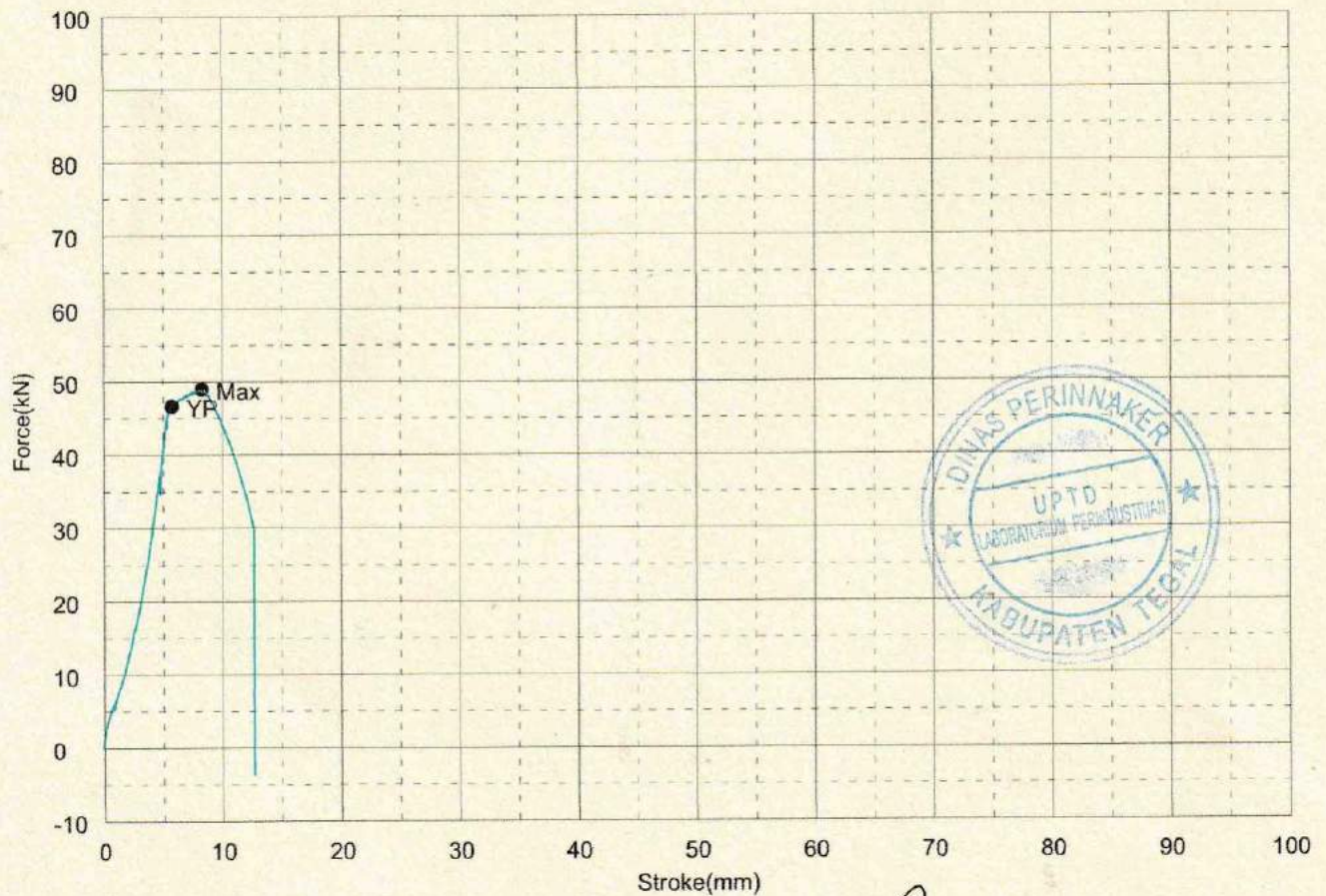
Date : 2021/01/12

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	10,3200	50,0000

Name	Max Force	Max Stress	YP Force	YP Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	49,0000	585,797	46,6250	557,404

04.2



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04

g





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.9  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

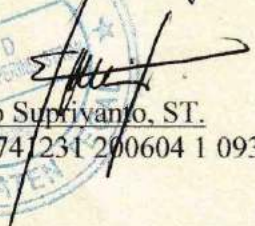
Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Tawar)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.9	Diameter	mm	9,9
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	31,31
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	406,78
		Beban Luluh	kN	21,97
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	285,39
		Panjang ukur akhir	mm	-
		Regangan	%	-
		Keterangan	-	Putus diluar gauge length

Tegal, 15 Januari 2021

Manajer Teknis

  
Eko Supriyanto, ST.  
NIP. 1974/231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal



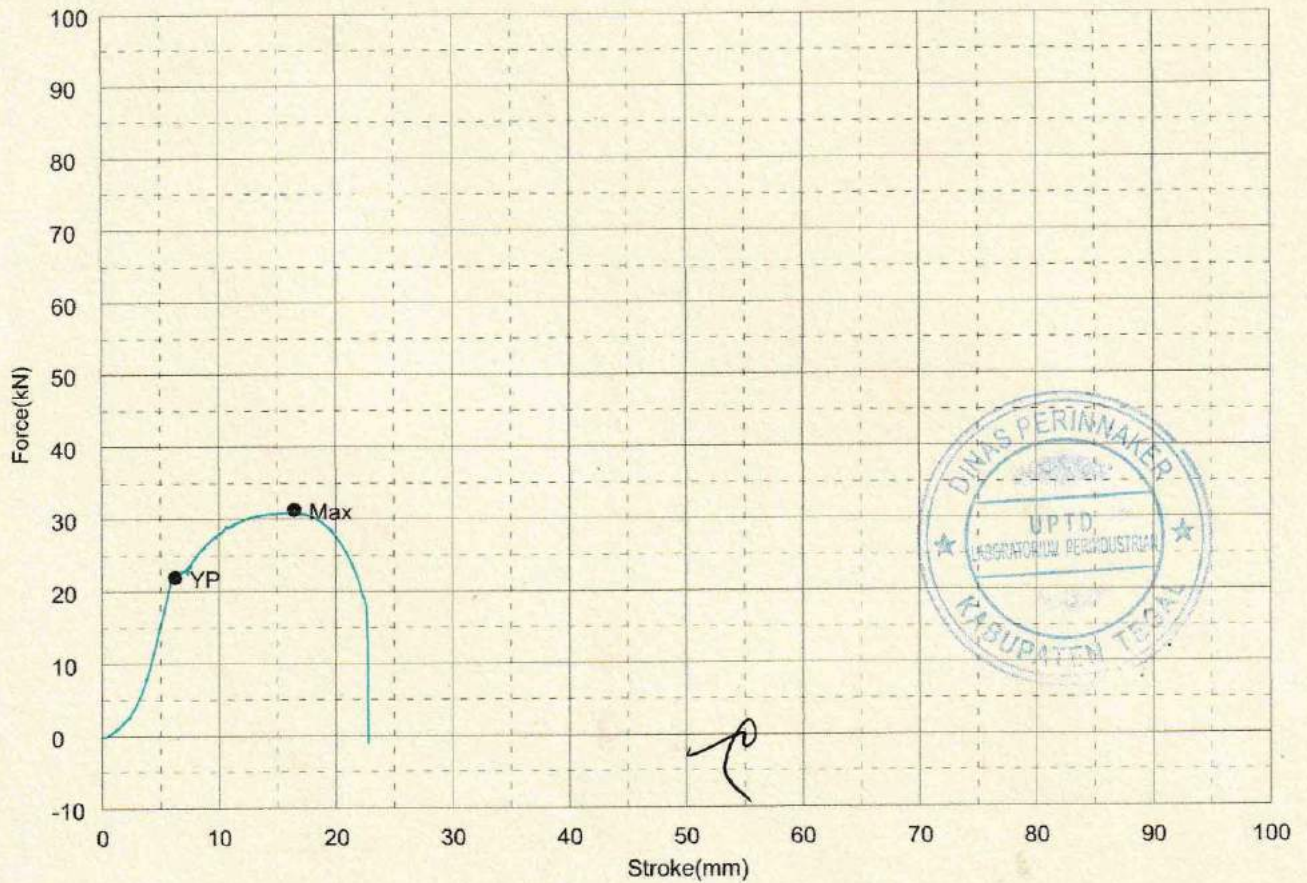
Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,9000	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	31,3125	406,778	21,9688	285,394

04.9



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI TARIK**

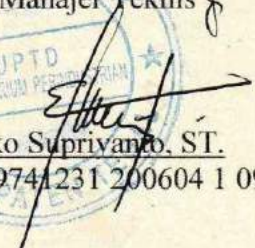
Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.10 Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI Objek uji : **Baja ST 41 (Air Tawar)**  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Suhu : 24 °C Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021 Jml. Specimen : 1 Pcs  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021 Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.10	Diameter	mm	10,10
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	33,75
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	421,25
		Beban Luluh	kN	22,38
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	279,27
		Panjang ukur akhir	mm	-
		Regangan	%	-
		Keterangan	-	Putus diluar gauge length

Tegal, 15 Januari 2021

Manajer Teknis

  
Eko Supriyanto, ST.

NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku pada benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

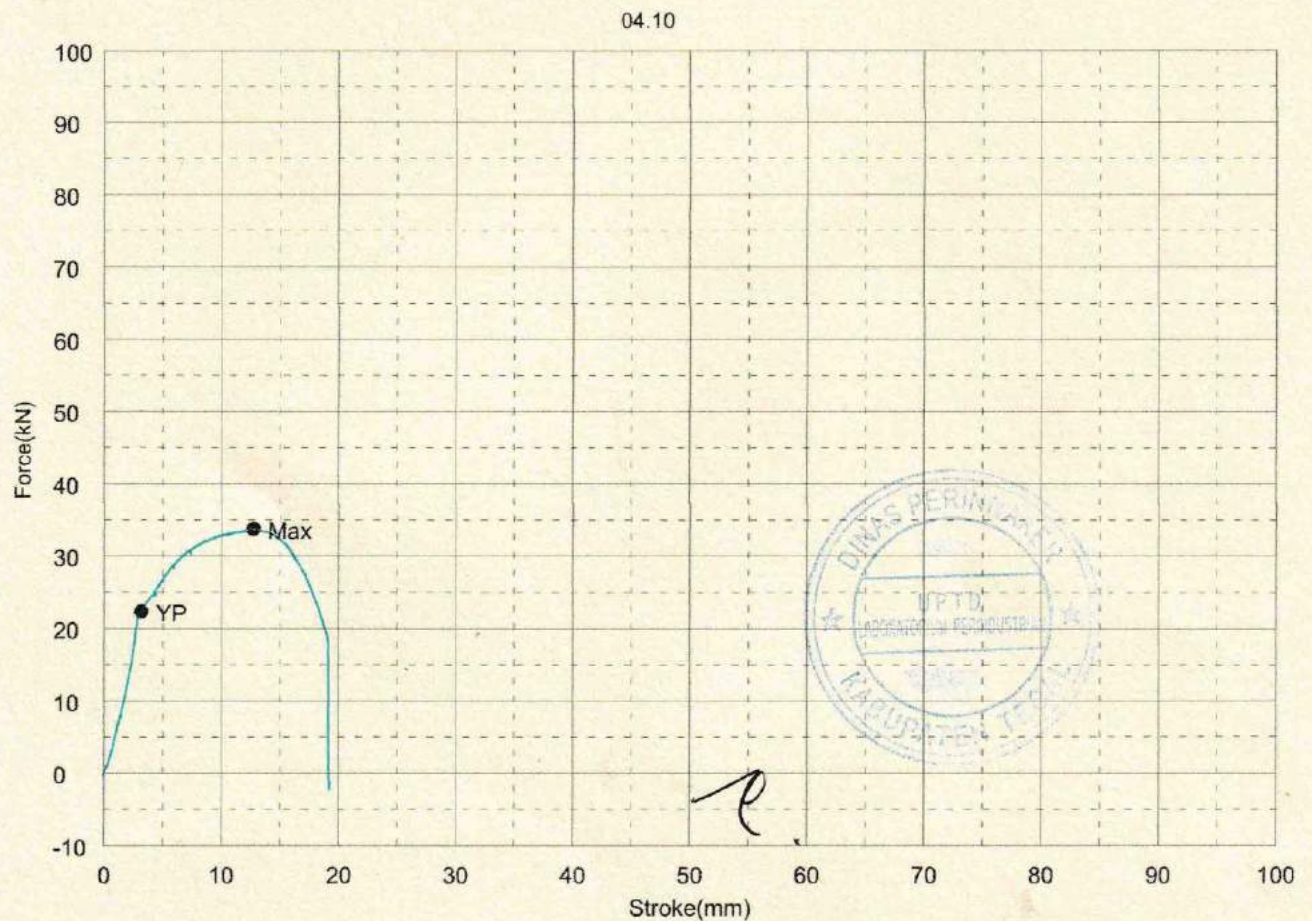


Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	10,1000	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	33,7500	421,251	22,3750	279,274



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.11 Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI Objek uji : **Baja ST 41 (Air Tawar)**  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Suhu : 24 °C Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021 Jml. Specimen : 1 Pcs  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021 Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.11	Diameter	mm	9,93
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	32,56
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	420,46
		Beban Luluh	kN	23,25
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	300,22
		Panjang ukur akhir	mm	64,55
		Regangan	%	29,1
		Keterangan	-	-

Tegal, 15 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
Eko Supriyanto, ST.  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak dipertanggungjawabkan mengemukakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal



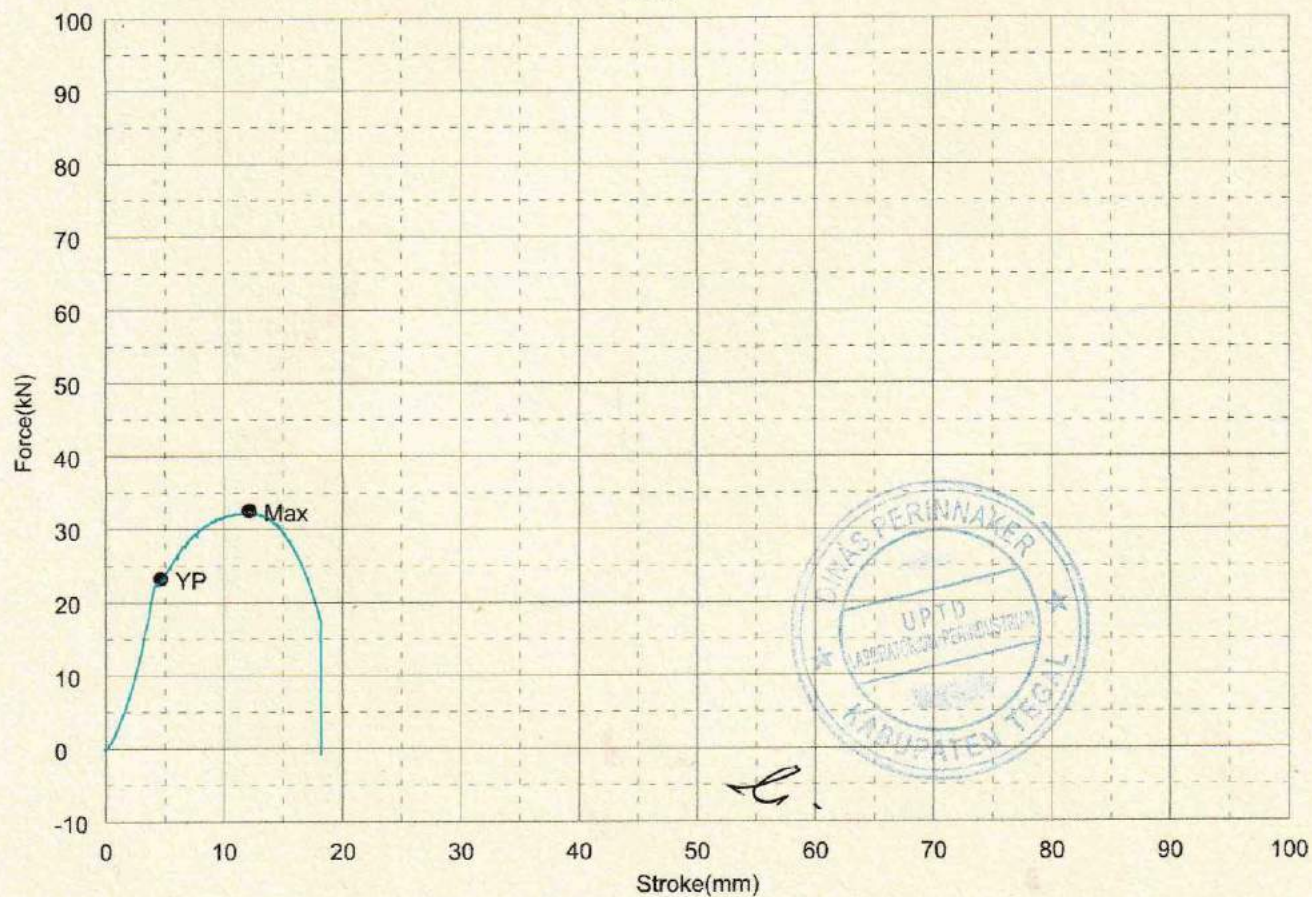
Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,9300	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	32,5625	420,465	23,2500	300,217

04.11



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA

KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437

Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



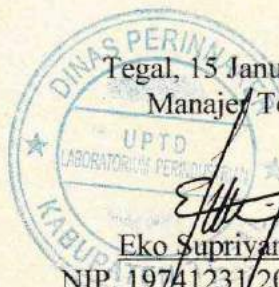
**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.6  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Laut)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNl  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.6	Diameter	mm	9,83
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	51,31
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	676,12
		Beban Luluh	kN	44,59
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	587,59
		Panjang ukur akhir	mm	55,65
		Regangan	%	11,3
		Keterangan	-	-



Tegal, 15 Januari 2021

Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST.

NIP. 19741231/200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak dipertanyakan mengundakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

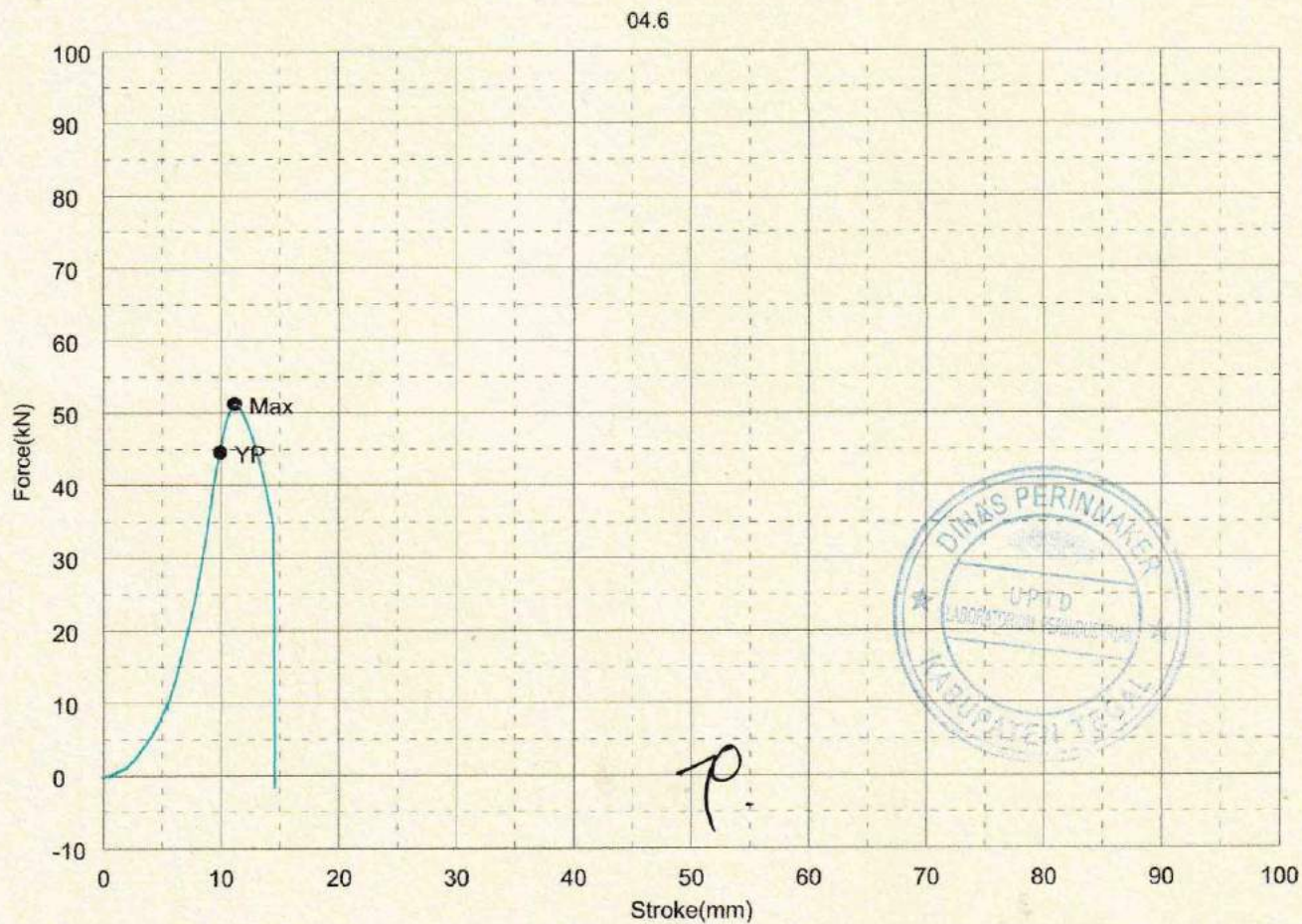


Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,8300	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	51,3125	676,124	44,5938	587,594



Comment

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.7  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021  
Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Laut)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.7	Diameter	mm	10,02
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	40,66
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	515,59
		Beban Luluh	kN	33,53
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	425,23
		Panjang ukur akhir	mm	57,05
		Regangan	%	14,1
		Keterangan	-	-

Tegal, 15 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
Eko Supriyanto, ST.  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan mengundurkan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

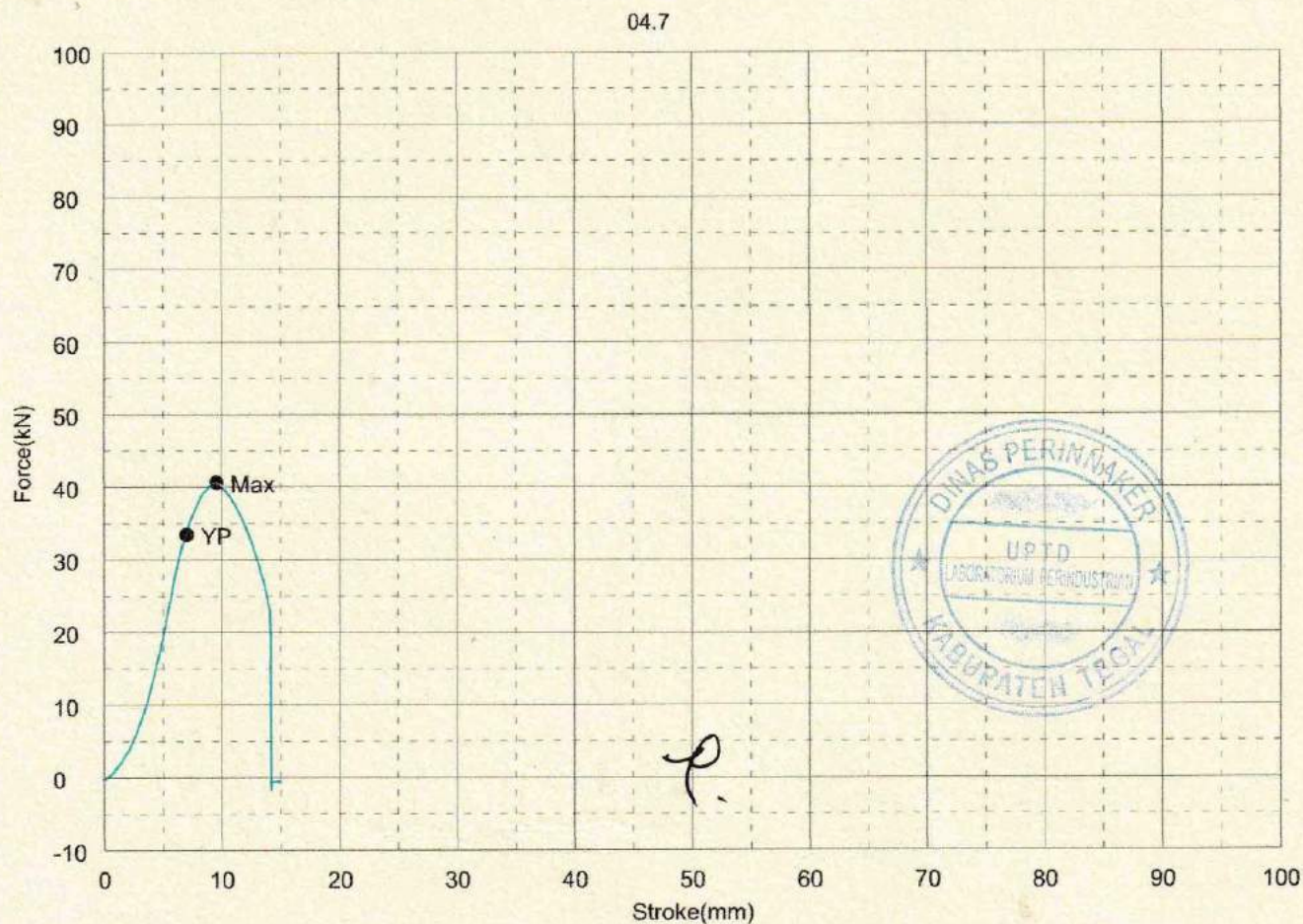


Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	10,0200	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	40,6563	515,587	33,5313	425,231



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.8  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Laut)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.8	Diameter	mm	9,99
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	53,69
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	684,94
		Beban Luluh	kN	40,78
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	520,28
		Panjang ukur akhir	mm	54,97
		Regangan	%	9,94
		Keterangan	-	-

Tegal, 15 Januari 2021

Manajer Teknis

  
**Eko Supriyanto, ST.**  
NIP. 197412312006041093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak dipertanggungjawabkan mengemukakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

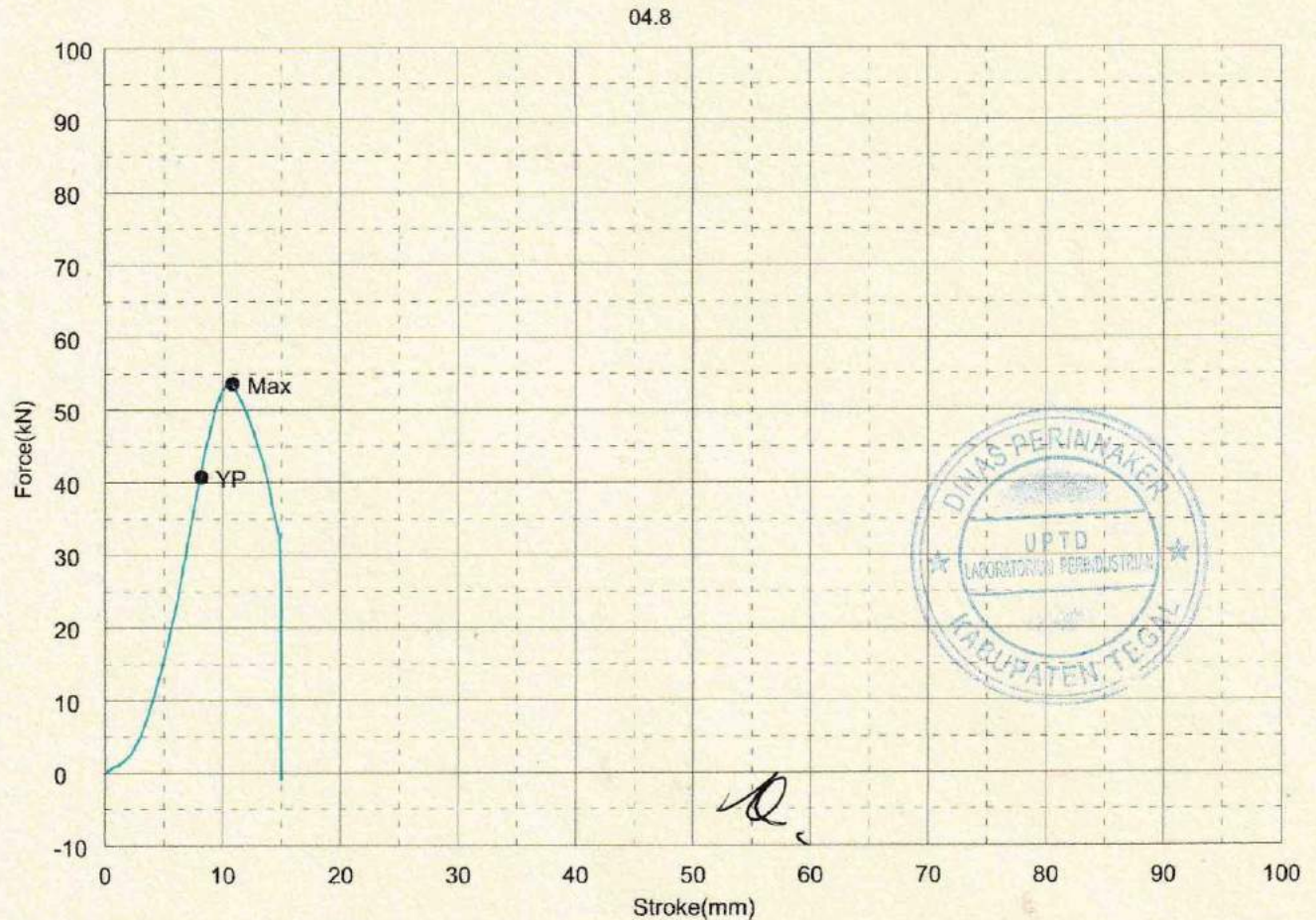


Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,9900	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	53,6875	684,940	40,7813	520,283



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



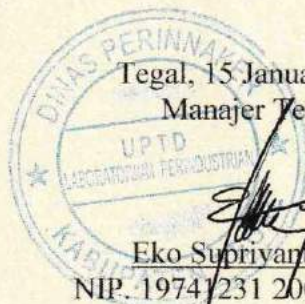
**LAPORAN UJI TARIK**

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.3  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Oli)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kN1  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.3	Diameter	mm	9,83
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	30,06
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	396,12
		Beban Luluh	kN	23,25
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	306,36
		Panjang ukur akhir	mm	-
		Regangan	%	-
		Keterangan	-	Putus diluar gauge length



Tegal, 15 Januari 2021  
Manajer Teknis

*[Signature]*  
Eko Supriyanto, ST.  
NIP. 1974/231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan mengandakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal



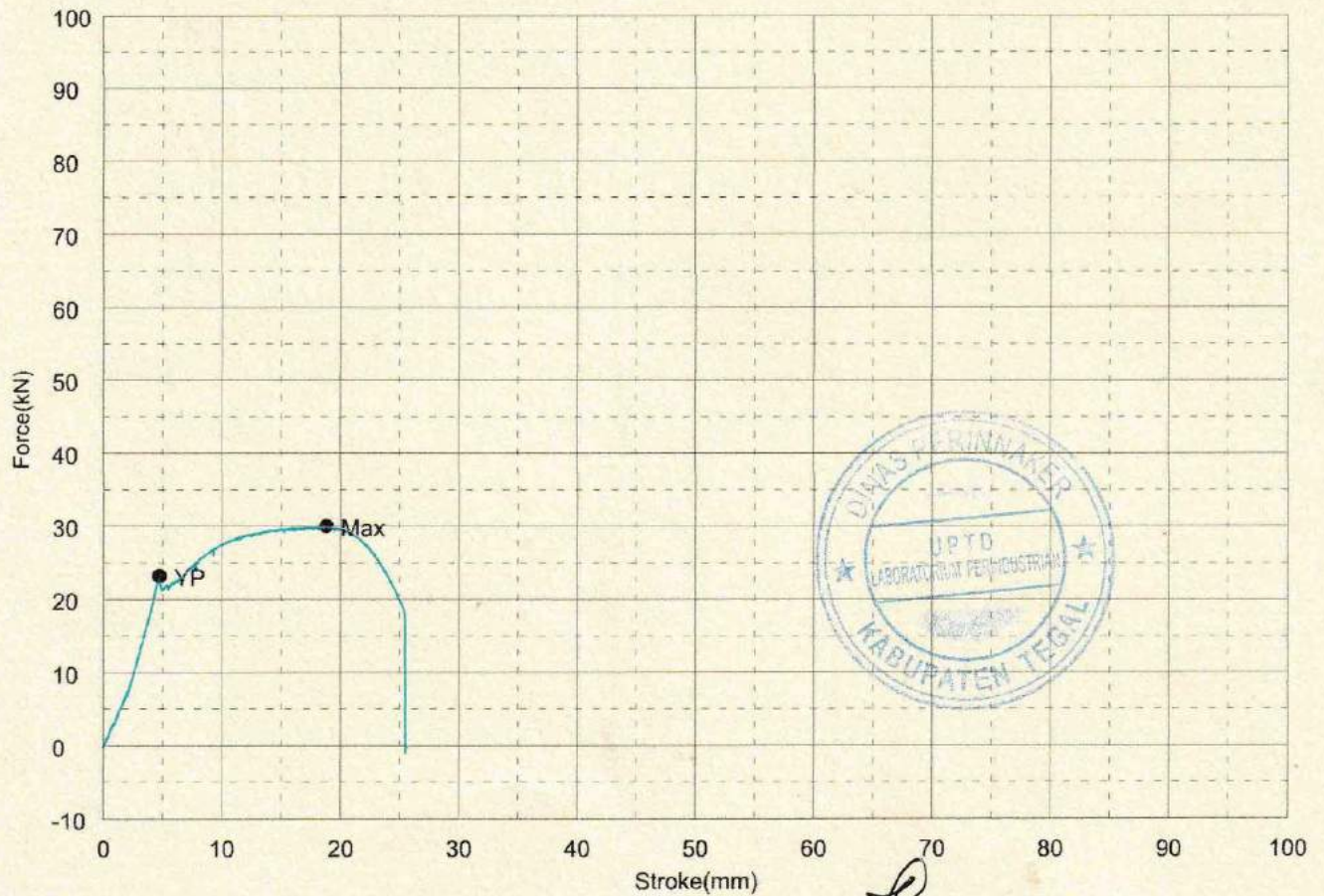
Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,8300	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	30,0625	396,121	23,2500	306,356

04.3



Comment

Customer : 01/2021.21/UTM/04





## LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.4  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Oli)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

## HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.4	Diameter	mm	10,15
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	31,78
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	392,78
		Beban Luluh	kN	25,09
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	310,13
		Panjang ukur akhir	mm	68,28
		Regangan	%	36,56
		Keterangan	-	-

Tegal, 15 Januari 2021

Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST.

NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan mengandakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal



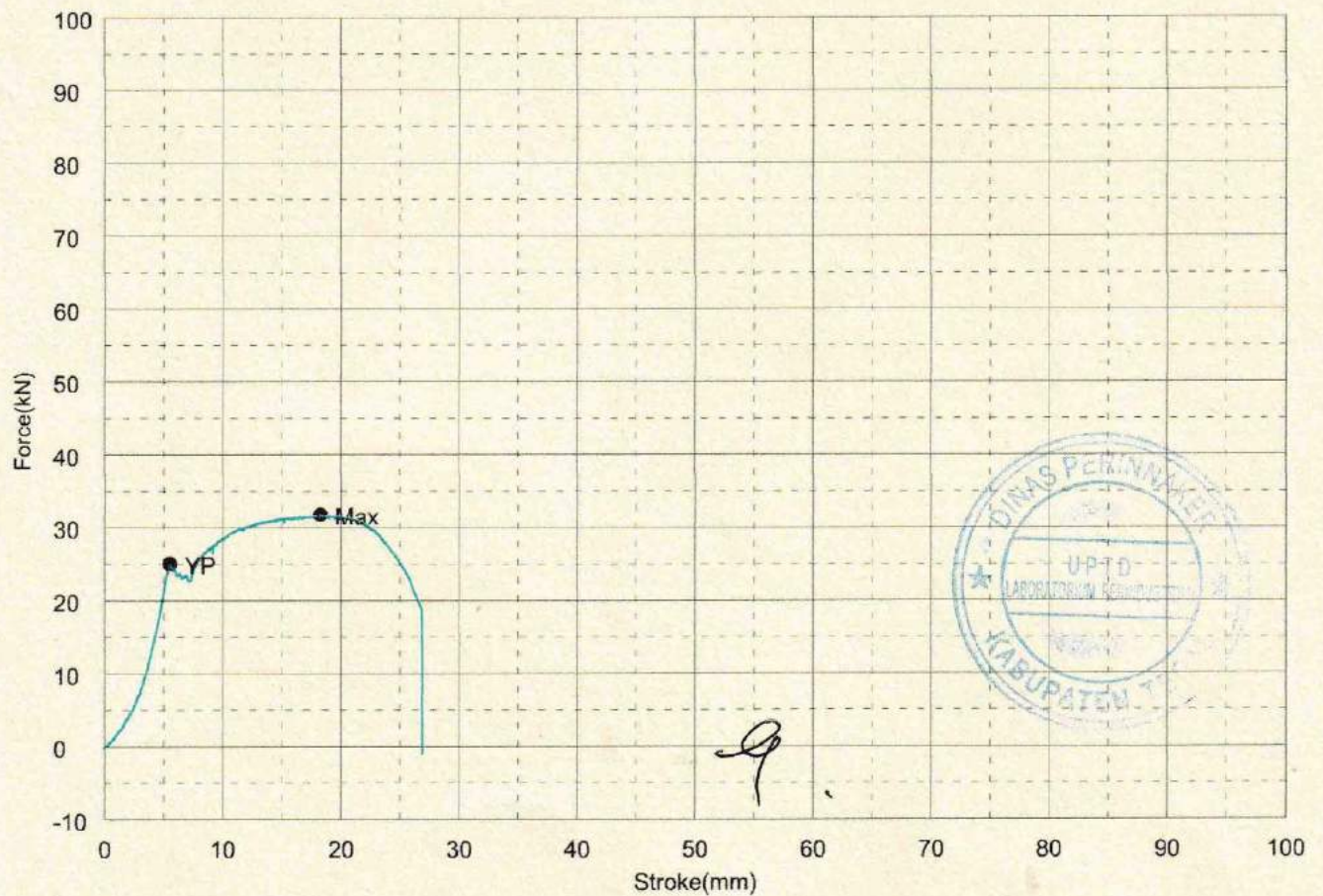
Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	10,1500	50,0000

Name	Max Force	Max Stress	YP Force	YP Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	31,7813	392,780	25,0938	310,130

04.4



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





## LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 01/2021.21/UTM/04.5  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 24 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2241-2011  
Objek uji : **Baja ST 41 (Oli)**  
Metode Uji : JIS Z 2241 : 2011  
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 2

## HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	04.5	Diameter	mm	9,89
		Panjang ukur / lo	mm	50
		Beban tarik maksimum	kN	30,91
		Kuat Tarik	N/mm <sup>2</sup>	402,31
		Beban Luluh	kN	24,44
		Kuat Luluh	N/mm <sup>2</sup>	318,11
		Panjang ukur akhir	mm	69,46
		Regangan	%	38,92
		Keterangan	-	-

Tegal, 15 Januari 2021  
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST.  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

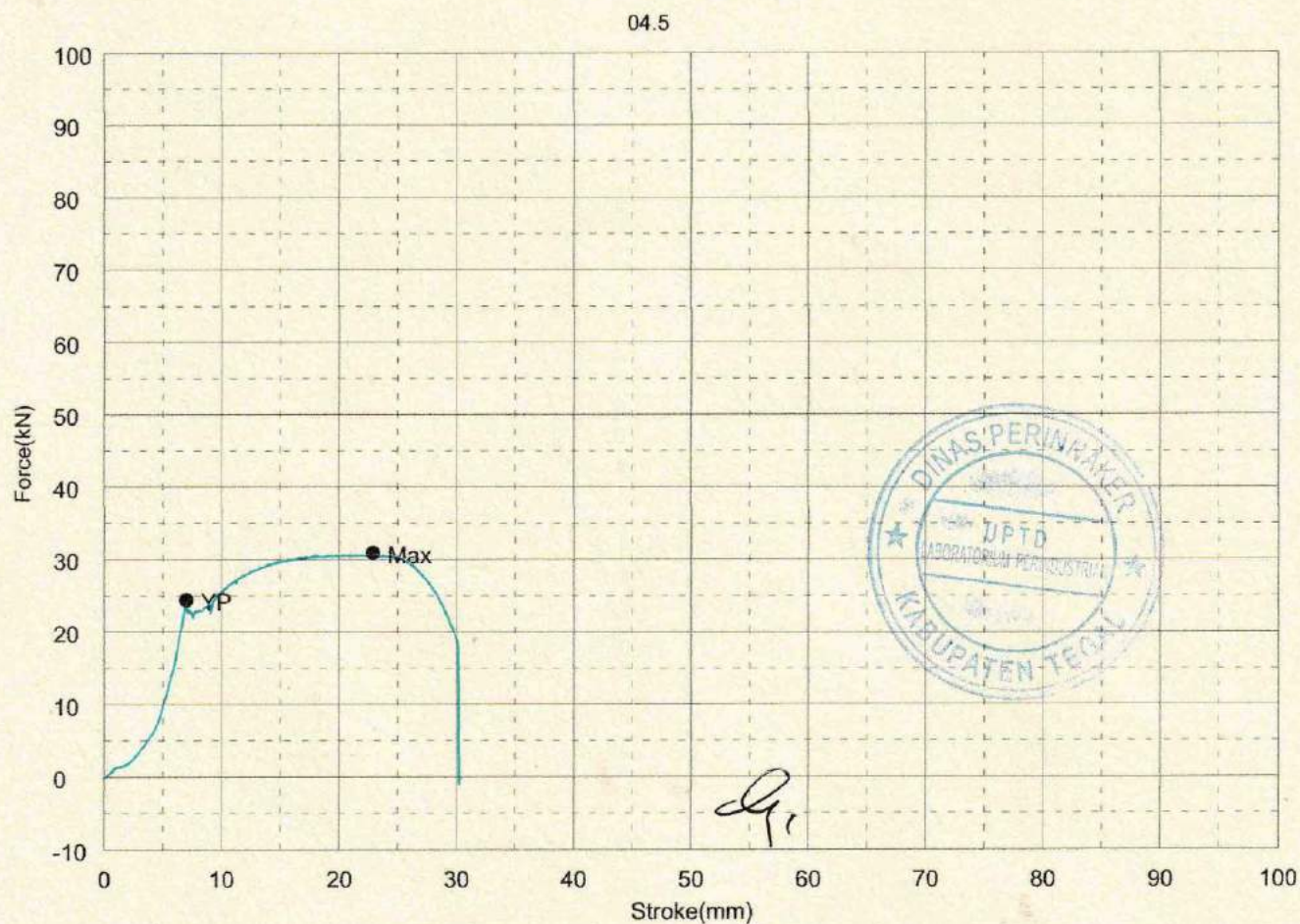


Date : 2021/01/14

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	9,8900	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	30,9063	402,313	24,4375	318,108



**Comment**

Customer : 01/2021.21/UTM/04





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI IMPACT CHARPY**

Laporan No. : 01/2021.21/I/02  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 12 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 12 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai Standar JIS Z 2242 : 2005  
Objek uji : **Baja ST 41 (Raw Material)**  
Metode Uji : JIS Z 2242 : 2005  
Mesin Uji : Hung Ta, HT-8041  
Jml. Specimen : 3 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel	Energi Impact <sup>1)</sup> (Joule)	$\alpha$ (derajat)	$\beta$ (derajat)	Keterangan
1.	02.1	87,77	140	117	-
2.	02.2	142,66	140	105	
3.	02.3	161,79	140	101	

<sup>1)</sup> Energi Impact =  $GR (\cos \beta - \cos \alpha)$

G : Berat Pendulum (390,63 N)

R : Panjang Pendulum (0,72 m)

$\alpha$  : Sudut Awal Sebelum Pengujian

$\beta$  : Sudut Akhir Setelah Peengujian

Tegal, 13 Januari 2021

Manajer Teknis

  
**EKO SUPRIYANTO, ST.**

NIP. 1974/231/200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





### LAPORAN UJI IMPACT CHARPY

Laporan No. : 01/2021.21/I/02  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. : 14 Januari 2021  
Pengujian

Benda Uji : Sesuai Standar JIS Z 2242 : 2005  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Tawar)**  
Metode Uji : JIS Z 2242 : 2005  
Mesin Uji : Hung Ta, HT-8041  
Jml. Specimen : 3 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Energi Impact <sup>1)</sup> (Joule)	$\alpha$ (derajat)	$\beta$ (derajat)	Keterangan
1.	02.7	23,64	140	133	-
2.	02.8	20,08	140	134	
3.	02.9	13,14	140	136	

<sup>1)</sup> Energi Impact =  $GR (\cos \beta - \cos \alpha)$

G : Berat Pendulum (390,63 N)

R : Panjang Pendulum (0,72 m)

$\alpha$  : Sudut Awal Sebelum Pengujian

$\beta$  : Sudut Akhir Setelah Peengujian

Tegal, 18 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
**EKO SUPRIYANTO, ST.**  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak dipergunakan mengendapkan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





### LAPORAN UJI IMPACT CHARPY

Laporan No. : 01/2021.21/1/02  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. : 14 Januari 2021  
Pengujian

Benda Uji : Sesuai Standar JIS Z 2242 : 2005  
Objek uji : **Baja ST 41 (Air Laut)**  
Metode Uji : JIS Z 2242 : 2005  
Mesin Uji : Hung Ta, HT-8041  
Jml. Specimen : 3 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Energi Impact <sup>1)</sup> (Joule)	$\alpha$ (derajat)	$\beta$ (derajat)	Keterangan
1.	02.4	27,26	140	132	-
2.	02.5	46,19	140	127	
3.	02.6	16,58	140	135	

<sup>1)</sup> Energi Impact =  $GR (\cos \beta - \cos \alpha)$

G : Berat Pendulum (390,63 N)

R : Panjang Pendulum (0,72 m)

$\alpha$  : Sudut Awal Sebelum Pengujian

$\beta$  : Sudut Akhir Setelah Peengujian

Tegal, 18 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
**EKO SUPRIYANTO, ST.**  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





### LAPORAN UJI IMPACT CHARPY

Laporan No. : 01/2021.21/1/02  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. : 14 Januari 2021  
Pengujian

Benda Uji : Sesuai Standar JIS Z 2242 : 2005  
Objek uji : **Baja ST 41 (Oli)**  
Metode Uji : JIS Z 2242 : 2005  
Mesin Uji : Hung Ta, HT-8041  
Jml. Specimen : 3 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Energi Impact <sup>1)</sup> (Joule)	$\alpha$ (derajat)	$\beta$ (derajat)	Keterangan
1.	02.10	119,26	140	110	-
2.	02.11	101,06	140	114	
3.	02.12	142,66	140	105	

<sup>1)</sup> Energi Impact =  $GR (\cos \beta - \cos \alpha)$

G : Berat Pendulum (390,63 N)

R : Panjang Pendulum (0,72 m)

$\alpha$  : Sudut Awal Sebelum Pengujian

$\beta$  : Sudut Akhir Setelah Peengujian

Tegal, 18 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
EKO SUPRIYANTO, ST.  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal






### LAPORAN UJI KEKERASAN

Laporan No. : 01/2021.21/H/04  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasakti Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 12 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 12 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2243 : 2008  
Objek uji : **Baja ST 41 (Raw material)**  
Metode Uji : JIS Z 2243 : 2008  
Mesin Uji : Affri 206 RT  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	04	Kekerasan Brinell	Titik 1	194,99	HB	- Beban penekanan F = 1840 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2,5 mm
			Titik 2	189,29		
			Titik 3	183,82		
			Rata-rata	189,37		

Tegal, 13 Januari 2021  
Manajer/Teknis   
**Eko Supriyanto, ST**  
NIP. 197412312006041093



PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





### LAPORAN UJI KEKERASAN

Laporan No. : 01/2021.21/H/04.4 Benda Uji : Sesuai JIS Z 2243 : 2008  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI Objek uji : **Baja ST 41 (Air Tawar)**  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal Metode Uji : JIS Z 2243 : 2008  
Suhu : 25 °C Mesin Uji : Affri 206 RT  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021 Jml. Specimen : 1 Pcs  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021 Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	04.4	Kekerasan Brinell	Titik 1	197,38	HB	- Beban penekanan F = 1840 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2,5 mm
			Titik 2	196,18		
			Titik 3	216,41		
			Rata-rata	203,32		

Tegal, 18 Januari 2021

Manajer Teknis

*Eko Supriyanto*  
Eko Supriyanto, ST

NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



**LAPORAN UJI KEKERASAN**

Laporan No.	: 01/2021.21/H/04.3	Benda Uji	: Sesuai JIS Z 2243 : 2008
Pemakai Jasa	: RIFQI MAULANI	Objek uji	: <b>Baja ST 41 (Air Laut)</b>
Alamat	: Univ. Pancasila Tegal	Metode Uji	: JIS Z 2243 : 2008
Suhu	: 25 °C	Mesin Uji	: Affri 206 RT
Tgl. Terima	: 14 Januari 2021	Jml. Specimen	: 1 Pcs
Tgl. Pengujian	: 14 Januari 2021	Halaman	: 1 dari 1

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	04.3	Kekerasan Brinell	Titik 1	346,60	HB	<ul style="list-style-type: none"><li>- Beban penekanan F = 1840 N</li><li>- Waktu penekanan 15 detik</li><li>- Indentor Ø 2,5 mm</li></ul>
			Titik 2	290,19		
			Titik 3	300,76		
			Rata-rata	312,52		

Tegal, 18 Januari 2021  
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST  
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL

**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id




**LAPORAN UJI KEKERASAN**

Laporan No. : 01/2021.21/H/04.2  
Pemakai Jasa : RIFQI MAULANI  
Alamat : Univ. Pancasila Tegal  
Suhu : 25 °C  
Tgl. Terima : 14 Januari 2021  
Tgl. Pengujian : 14 Januari 2021

Benda Uji : Sesuai JIS Z 2243 : 2008  
Objek uji : **Baja ST 41 (Oli)**  
Metode Uji : JIS Z 2243 : 2008  
Mesin Uji : Affri 206 RT  
Jml. Specimen : 1 Pcs  
Halaman : 1 dari 1

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	04.2	Kekerasan Brinell	Titik 1	124,54	HB	<ul style="list-style-type: none"><li>- Beban penekanan <math>F = 1840 \text{ N}</math></li><li>- Waktu penekanan 15 detik</li><li>- Indentor <math>\varnothing 2,5 \text{ mm}</math></li></ul>
			Titik 2	122,68		
			Titik 3	124,54		
			Rata-rata	123,92		

Tegal, 18 Januari 2021  
Manajer Teknis  
  
Eko Supriyanto, ST  
NIP. 197412312006041093

PERHATIAN :  
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji  
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal





**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK**  
**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI**  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**HASIL PENGUJIAN KEAUSAN**

Variasi Pendinginan	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm <sup>3</sup> )	Keausan (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm <sup>3</sup> /kg.m)
Oli_1	1	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	0,00053
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
Oli_2	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00048
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
Oli_3	1	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	0,00055
	2	3,45	13,6	1,20	0,03653	0,00057	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
Air Tawar_1	1	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	0,00049
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,12	0,02970	0,00047	
Air Tawar_2	1	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	0,00040
	2	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	
	3	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
Air Tawar_3	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00042
	2	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
	3	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	
Air Laut_1	1	3,45	13,6	1,05	0,02447	0,00038	0,00047
	2	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
	3	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	
Air Laut_2	1	3,45	13,6	1,15	0,03215	0,00051	0,00036
	2	3,45	13,6	0,95	0,01812	0,00028	
	3	3,45	13,6	0,96	0,01870	0,00029	
Air Laut_3	1	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	0,00039
	2	3,45	13,6	1,10	0,02814	0,00044	
	3	3,45	13,6	0,95	0,01812	0,00028	

**Keterangan:**

1. Pengujian dilakukan tanggal 18 Februari 2021
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 6,36 kg

**Identitas Penguji :**

Nama : Rifqi Maulani

NPM : 6417500011

Institus : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal



Lembar asli, tidak untuk digandakan